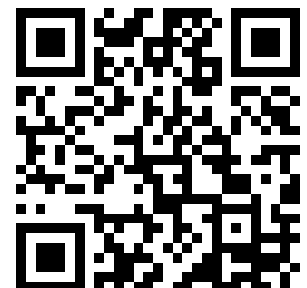

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

GoogleTM books

<http://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

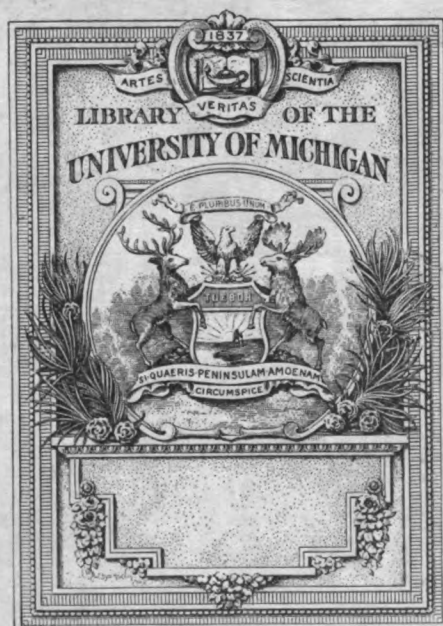
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



Z
6620
F8
N9

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES.

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE

ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES,
PUBLIÉS PAR L'INSTITUT NATIONAL DE FRANCE.

FAISANT SUITE
AUX NOTICES ET EXTRAITS LUS AU COMITÉ ÉTABLI DANS L'ACADÉMIE
DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

TOME VINGT-SIXIÈME.



PARIS.
IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXVII.

DEUXIÈME PARTIE.

135976

LA CHIROBALISTE
D'HÉRON D'ALEXANDRIE,
PAR
VICTOR PROU.

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES.

LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE,

PAR

M. VICTOR PROU,

INGÉNIEUR CIVIL.

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

I.

1. Il est bien difficile d'interpréter exactement, au point de vue philosophique, les œuvres d'art d'une civilisation éteinte, sans les rattacher à l'histoire de leur pays d'origine. Comment, par exemple, expliquer avec toute la clarté convenable Sophocle ou Aristophane, en dehors des idées politiques et religieuses du monde contemporain? Comment mettre en plein relief toute la beauté de leurs créations dramatiques, s'il est presque impossible de ressusciter la scène, la déclamation, l'accompagnement musical, dont savait l'animer, sous un ciel éclatant, l'harmonieux génie de la Grèce? Réduit au moule pro-

sodique, le vers jadis ailé de Pindare n'est plus lui-même aujourd'hui qu'une forme morte et parfois inintelligible.

2. Indispensable en littérature, l'exégèse s'impose, avec plus de rigueur encore, aux études ayant pour objet les produits de l'industrie antique. Ce n'est plus aux mœurs générales du temps qu'il appartient d'en définir la sphère d'utilité ou la fonction; ce sont les besoins de la consommation courante, les connaissances techniques, avec les procédés plus ou moins avancés de la fabrication usuelle, qui doivent en préciser, pour chaque époque, les diverses conditions pratiques. Mais comment affronter de pareils problèmes, si les matériaux manquent ou s'ils ne se trouvent pas en état de servir?

3. Lorsque j'abordai, en 1861, de concert avec feu M. Vincent, la recherche de la Chirobaliste, je ne connaissais, des quelques documents relatifs à l'artillerie des anciens, que les *Βελοποιικά* (*Traité des armes de jet ou Bêlopée*) d'Héron d'Alexandrie, dans les *Mathematici veteres*, de Thévenot^{1a}. J'en avais lu une traduction française, encore inédite, de M. Vincent, à l'occasion des figures du texte original que j'avais été chargé de reproduire dans cette traduction. Les machines de jet gréco-romaines reconstruites par M. de Reffye, aujourd'hui colonel d'artillerie, étaient alors à l'étude. Les textes de la *Poliorcétique des Grecs*², de M. C. Wescher, sommeillaient encore dans les manuscrits de dix bibliothèques. J'ignorais d'ailleurs l'existence des nombreux travaux modernes publiés sur la question. C'est dans un isolement presque complet que j'ai retrouvé l'arme d'Héron, telle que je la fis connaître en 1862³.

4. Depuis, le terrain a pris plus de consistance. La solution personnelle de M. Vincent, publiée en 1866, a montré de quel ordre d'idées on devait s'abstenir⁴. Le musée d'artillerie et celui de Saint-Germain-en-Laye se sont enrichis des nombreux modèles exécutés par M. de Reffye. S'il n'a pas retrouvé, dans les *Βελοποιικά* mêmes, le principe de la *baliste* (*παλίντονον ὄργανον*), le judicieux officier n'en a pas moins deviné, avec une rare sagacité, le mécanisme véritable.

^{1a} Voir les notes en renvois numérotés à la fin de l'ouvrage.

La convergence extérieure des battants, également entrevue dans la *chirobaliste* par M. Vincent, est le caractère distinctif de l'engin *palintone*. J'en donnerai plus loin la démonstration, dégagée pour la première fois du texte des Βελονοικία.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

5. D'un autre côté, le texte grec de la *Χειροβαλλίστρα*, réédité par M. C. Wescher, d'après six manuscrits de Paris, de Vienne et du Vatican, m'a fait connaître quelques leçons inédites, reprendre et perfectionner ma solution primitive. Sans en modifier le principe, j'en ai restitué tous les détails, jusqu'au décor symbolique de l'arme, avec une précision mathématique. Dix autres manuscrits, de Paris et de Vienne, négligés par le savant éditeur de la *Poliorcétique*, m'ont livré également de précieuses variantes, attestant que les copies issues de la recension officielle byzantine, effectuée au x^e siècle sous les auspices de Constantin Porphyrogénète, ne sont pas inférieures, en authenticité, aux manuscrits de même source que celui de Mynas, c'est-à-dire provenant sans doute du commerce. Outre des leçons absentes de ces derniers, les figures annexées à ces copies offrent une précision relativement supérieure. A la vérité, les manuscrits dits *secondaires* ne sont que du xvi^e siècle. Mais ne peut-on admettre qu'ils fussent destinés, dès cette époque, à remplacer de vieux parchemins vermoulus auxquels la philologie, déjà si éclairée, assignait une valeur considérable? La provenance de tant de précieuses reliques était sans doute alors suffisamment connue, et la garantie fondée sur l'antiquité des unes put s'y trouver compensée par la sagacité d'une critique plus pénétrante, mise au service de la reproduction des autres.

6. Avec les leçons des nombreux manuscrits délaissées par M. C. Wescher, j'ai rétabli en leur juste relief celles de Baldi, éditeur *princeps* de la *Χειροβαλλίστρα*, en compagnie de qui le traducteur *princeps* du même opuscule s'est vu complètement mis de côté par le savant paléographe. Mon nouveau commentaire, cinq ou six fois plus étendu que celui de M. C. Wescher, s'exerce sur seize manuscrits et sur cinq éditions. Chaque manuscrit, chaque édition, y recouvre en latin la plénitude de ses droits.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

7. Enfin les essais d'interprétation de Baldi, de Juste-Lipse, de Saumaise, de Perrault, de De Folard, de Maizeroy, de Silberschlag, de Meister, de Schneider, de Dureau de la Malle, de Dufour, de Köchly et Rüstow, sur les principes techniques de l'artillerie gréco-romaine, m'ont souvent signalé le danger de céder, en pareille matière, à l'imagination, en dehors des faits rigoureusement démontrés. Par la forme, comme dans le fond, témoin la chirobaliste, la mécanique des anciens était une science exacte. Ils ne l'ont jamais entendue autrement. Les auteurs ci-dessus m'ont néanmoins signalé bon nombre de renseignements historiques ayant trait à l'artillerie primitive. J'ai repris, dans l'édition de M. Wescher, le texte des *Βελοποιικά*; dans les *Mathematici veteres*, l'étude du livre IV de Philon de Byzance sur le même objet⁵. Ces deux sources m'ont permis d'étudier à fond l'état de l'artillerie au temps de la chirobaliste, ainsi que les progrès remarquables issus des travaux contemporains. En un mot, je me suis appliqué à mettre en évidence le courant d'idées neuves et hardies où s'élabora, au II^e siècle avant l'ère chrétienne, l'engin si remarquable de la *χειροβαλλίστρα*.

Avant d'aborder le compte rendu de ces nouvelles recherches, il convient d'exposer brièvement la série des efforts tentés aux diverses époques, en vue de restituer l'arme d'Héron d'Alexandrie.

II.

8. En l'année 1616, l'abbé Baldi, célèbre philologue italien, publia à Augsbourg, avec figures, traduction et commentaire en latin, la première édition (petit in-4°) des *Βελοποιικά*, curieux *Traité des armes de jet* antiques, attribué par tous les manuscrits aujourd'hui connus à Héron, disciple de Ctésibius. A la suite, Baldi annexa, sans traduction ni figures, un second opuscule grec qu'il intitula :

Τοῦ αὐτοῦ Ἡρώνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία.

C'est-à-dire :

Du même Héron, structure et dimensions de la Chirobaliste.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

9. Les manuscrits édités par Baldi étaient sans doute ceux du Vatican. Les leçons de ces derniers, données par M. Wescher, en fournissent plus d'une preuve. Il est certain d'ailleurs que Baldi avait consulté plusieurs manuscrits. Son texte porte à la marge d'importantes variantes. D'un autre côté, le savant abbé de Guastalla avait fait à Rome, dès l'année 1586, plusieurs voyages, et l'on sait qu'il y séjourna plus tard, pour se livrer à l'étude des langues orientales⁶. Or, témoin les seize manuscrits aujourd'hui connus, les mots « Τοῦ αὐτοῦ » sont une interpolation du savant éditeur. Baldi pensa que la *Χειροβαλλίστρα* était du même Héron, disciple de Ctésibius, que les *Βελοποιικά*, dont le titre complet est « Ἡρωνος Κτησιβίου Βελοποιικά; » tandis que les manuscrits consultés par lui donnaient à la Chirobaliste le simple titre :

Ἡρωνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία.

Baldi n'était donc pas suffisamment autorisé à attribuer la Chirobaliste à Héron d'Alexandrie. Loin de là, les douze manuscrits aujourd'hui connus de la recension officielle byzantine, à laquelle se rattachent ceux du Vatican, donnent la *Χειροβαλλίστρα* avant les *Βελοποιικά*. Cette circonstance créerait plutôt une opposition qu'un rapprochement entre les deux Héron, auteurs des opuscules respectifs. Au surplus, le manuscrit 120 (*olim* 113) de Vienne porte, sans nom d'auteur, le titre laconique « *Χειροβαλλίστρας (sic) κατασκευή.* » Enfin le manuscrit 140 (*olim* 110) de Vienne, qui appartient à la série dite de Mynas et non à la recension byzantine, a pour titre : « *Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως Χειροβαλλίστρας κτλ.* » Or ce manuscrit, étranger à la série officielle, n'est que du xvi^e siècle.

10. L'interpolation de Baldi préjugeait donc une question grave. Rien ne l'autorisait à confondre avec Héron d'Alexandrie l'auteur homonyme de la *Χειροβαλλίστρα*. D'un autre côté, cet auteur, quel qu'il fût, était-il l'inventeur même de la Chirobaliste?

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Nous aurons à examiner cette intéressante question.

11. De toute l'antiquité grecque et, selon toute apparence, antérieurement à l'ère chrétienne, le titre de l'opuscule édité par Baldi est le seul endroit où il soit fait mention de la *Χειροβαλλίστρα*. On n'en retrouve la trace qu'au ^x^e siècle, dans un ouvrage de Constantin Porphyrogénète⁷, sous la forme *χειροβολίστρα*, à propos d'expéditions militaires contemporaines de Dioclétien et de Constantin I^{er} (284-337). L'auteur donne ce nom à un engin d'artillerie volante, actionné par la torsion de câbles de nerfs ou de chanvre. Il l'appelle également du nom plus général *βολίστρα*, *baliste*⁸.

12. Dans un autre ouvrage⁹, l'écrivain byzantin mentionne également la *τοξοβολίστρα*, *arcubalista*, *arbalète*, complètement distincte de la *χειροβολίστρα*. Il est aussi question de la *τοξοβολίστρα* dans Théophane¹⁰ (ix^e siècle), et dans la *Tactique* de l'empereur Léon¹¹ (x^e siècle). Comme la *βολίστρα* ou *χειροβολίστρα*, la *τοξοβολίστρα* semble appartenir à l'artillerie volante du Bas-Empire.

III.

13. Chez les Latins, Végèce (fin du iv^e siècle) est le seul auteur qui ait mentionné la *manubaliste*. On sait qu'il vécut à Constantinople¹². En deux endroits de son traité de l'*Art militaire*, il désigne sous le nom de *manubaliste* une arme de jet évidemment portative, puisqu'il la classe, sur le champ de bataille et dans l'attaque des places, au même rang que l'arc, l'arbalète, la fronde et le fustibale. Toutefois, en employant les expressions *manubalistas* VEL *arcubalistas*, *manubalistarii* VEL *arcubalistarii*¹³, Végèce montre que la *manubaliste* était très-distincte de l'arbalète, qu'il considère d'ailleurs comme beaucoup mieux connue¹⁴. En même temps, la *manubaliste* citée avant l'arbalète semble indiquer qu'elle lui était préférée. Peut-être l'*arcubalista* la suppléait-elle au pis aller. Toutes deux servaient à lancer des flèches, *sagittas*.

14. Parlant de la *baliste*, Végèce dit qu'elle lançait des flèches aiguës, *spicula*¹⁵. De même la *manubaliste*, identique au *scorpion* des

âges précédents, lançait un trait aigu et de petite dimension, *parvis subtilibusque spiculis mortem inferunt*, dit encore Végèce. Or la légèreté de ces projectiles permettait d'en approvisionner un plus grand nombre dans le carquois du soldat. A ce point de vue, au moins, la manubaliste était déjà supérieure à l'arc, dont elle dépassait probablement la portée.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

15. Enfin, dans le même groupe que les *manubalistes*, Végèce mentionne les *carrobalistes* ou *balistes sur roues*, attelées de deux chevaux ou mulets¹⁶. Mais il s'agit ici, comme il prend soin de l'indiquer, des balistes communes, actionnées par la torsion de fibres élastiques¹⁷, et destinées à faire campagne; d'accord en cela avec le témoignage, rapporté plus haut, de Constantin Porphyrogénète. D'ailleurs, dans la pensée de Végèce, nulle confusion possible entre la *baliste*, l'*onagre*, l'*arbalète* et le *scorpion* ou *manubaliste*¹⁸.

16. A la vérité, Ammien Marcellin, contemporain de Végèce, mentionne et décrit à plusieurs reprises¹⁹, sous le nom de *scorpion*, une machine propre à lancer des pierres, mais différant complètement du scorpion primitif. « Au reste, ajoute l'historien, c'est depuis peu qu'on l'appelle aussi *onagre*. » Dans Végèce, l'*onagre* remplit la même fonction. De là, avec le témoignage d'Ammien, une contradiction apparente. Mais, outre que l'autorité de ce dernier, malgré sa réputation d'écrivain consciencieux et de témoin oculaire, en maint endroit, des détails consignés dans son livre, semble avoir moins de poids, au point de vue technologique, que celle du tacticien de profession traitant spécialement, comme le fait Végèce, de l'organisation des armées antiques; on peut admettre encore que le nom de *scorpion*, à une certaine époque, passa de l'arme appelée désormais *manubaliste* à un autre engin, exclusivement consacré au jet des *pierres*, et qui reçut plus tard, vers la fin du II^e siècle, le nom nouveau d'*onagre*.

17. Ainsi, l'affirmation de Végèce faisant remonter au *scorpion* des anciens l'idée mère de la *manubaliste*, non-seulement n'est point ébranlée par le témoignage d'Ammien Marcellin; mais nous la verrons bientôt fortifiée, au contraire, par des considérations techniques et phi-

lologiques, qui ne laissent aucun doute sur l'authenticité de cette origine.

IV.

18. Sur le *scorpion*, type primitif de la *chirobaliste*, les données historiques abondent dans l'antiquité grecque et latine.

Pendant le siège de Syracuse (212 av. J. C.), Archimède fit percer à hauteur d'homme, dans le mur du rempart, des meurtrières larges de quatre doigts (0^m,08 environ), à travers lesquelles des archers, munis de *σκορπίδια*, décimaient l'ennemi²⁰. Évidemment, ces *scorpions* de petit calibre étaient des armes portatives.

19. Plutarque, confirmant Polybe, les appelle *σκορπίοι βραχύτονοι*, *scorpions trapus*. Ils remplissaient, suivant lui, les conditions requises pour frapper fort, mais pour ainsi dire à bout portant²¹.

20. Au rapport de Tite-Live, le matériel de guerre conquis par Scipion Émilien dans le sac de Carthagène (210 av. J. C.) comprenait, outre les *balistes* et les *catapultes*, un nombre considérable de *scorpions*, *grands et petits* (*majorum minorumque*)²².

21. Antiochus IV, fortifiant Bethsura (vers 164 av. J. C.), y installe des batteries (*βελοστιάσεις*) d'engins à lancer du feu et des pierres, ainsi que des *scorpions pour lancer des flèches*, *σκορπίδια εἰς τὸ βάλλεσθαι βέλη*, et enfin des frondes²³.

22. Héron d'Alexandrie (vers 120 av. J. C.), dans ses *Βελοποιϊκά*, atteste que des machines lançant exclusivement des flèches sont parfois appelées *scorpions*, à cause de certaines analogies de forme²⁴.

23. Suivant Nonius, Sisenna (vers 77 av. J. C.) attribue au *scorpion* plus de portée qu'à la catapulte²⁵.

24. D'après César, le *scorpion* lance exclusivement des traits. C'est une machine d'une grande puissance. Hirtius en parle à peu près comme César²⁶.

25. Vitruve, contemporain d'Auguste, décrit le *scorpion* comme un engin à projectile aigu²⁷. Ailleurs il le compare et l'assimile aux *ανισόκυκλοι* : « Organa autem unius operæ prudenti tactu perficiunt

« quod propositum est, uti *scorpionis* seu *anisocyclorum* versationes²⁸. » Bien que le terme *anisocyclorum* soit une conjecture de Giocundo²⁹, un des premiers éditeurs de Vitruve, le passage ci-dessus semble se rapporter à l'organe moteur du *scorpion*. D'une part, un seul homme suffit à la manœuvre de l'engin; d'autre part, la précision du tir en est le caractère distinctif. C'est donc une arme de petit calibre et supérieure, par ses effets balistiques, au *scorpion* commun, auquel l'auteur le compare, néanmoins sans le confondre avec lui.

Nous discuterons à fond l'intéressant témoignage de Vitruve.

26. Sénèque (I^{er} siècle) atteste que le *scorpion*, ainsi que la *baliste*, lance ses traits avec une sorte de *cliquetis sonore* (*cum sonitu*)³⁰.

27. Tertullien (III^e siècle) définit le *scorpion* : « Un engin de guerre lançant des dards à reculons (*retracta*)³¹. »

28. Viennent ensuite, dans l'ordre chronologique, les témoignages déjà cités de Végèce, d'Ammien Marcellin et de Constantin Porphyrogénète. Ils font connaître l'époque où l'ancien engin appelé *scorpion* prit le nom définitif de *manubaliste* ou *χειροβολίστρα*, celui de *scorpion* ayant été transféré à un engin qui bientôt s'appela *onagre*. Après ces auteurs, toute trace du *scorpion* ou *manubaliste* disparaît de l'histoire.

29. On sait que l'analogie figurative guidait surtout les anciens dans le choix de la nomenclature technique. En dehors de leurs engins de guerre, on en pourrait citer une infinité d'exemples. Pour s'en tenir aux données résumées plus haut, et qui montrent déjà le *scorpion* et l'*onagre* baptisés d'après des analogies de forme, on observe que l'*arbalète* (*arcubalista*, *τοξοβολίστρα*) a pour signe distinctif un *arc*; que la *carrobalista* tire son nom de l'*affût roulant* qui portait la machine, etc. De même, il paraît logique de supposer, *a priori*, que la *manubaliste* (*χειροβαλλίστρα* ou *χειροβολίστρα*) avait pour marque caractéristique un système de *mains* concourant, soit à l'*effet balistique* ou simplement à l'*ornementation*.

On trouvera plus loin le résultat de mes recherches à ce point de vue symbolique³².

30. En résumé, d'après les traits généraux que semble lui assigner l'histoire, la *chirobaliste* ou *manubaliste* fut d'abord appelée *scorpion*, et conserva ce nom durant quatre ou cinq siècles.

Une modification dans l'ornementation de l'arme, sinon dans son fonctionnement, motiva probablement le *changement de nom*.

A toutes les époques, l'engin lance *exclusivement des dards*.

La *manubaliste* portait *plus loin* que la *catapulte*.

Sa détente, accompagnée d'un *cliquetis sonore*, se faisait par une sorte de *ruade*, ou *mouvement à reculons* de l'organe balistique.

On distinguait, dans les *manubalistes*, le *petit* et le *gros calibre*. Ce dernier, monté *sur roues* comme *pièce de campagne*, ou bien *dressé à demeure* sur le rempart d'une place assiégée ou sur le front d'attaque des assiégeants, lançait *des traits de forte dimension*. Le *petit calibre*, engin *portatif*, était *de même rang* que l'arc, la fronde et les autres *armes de main*. Son corps avait au plus *quatre doigts carrés de section*.

L'engin lançait de *petits dards*, à *pointe subtile*. On le *préférait à l'arbaleète*.

31. La *manubaliste* se bandait par la *pression du ventre* de l'archer sur la *crosse* de l'arme *butée contre terre* ou *contre le parapet du rempart*³³. Sa *puissance* avait pour limite la *force même* du *tireur*.

Son *organe balistique* consista d'abord dans le système commun à tous les engins primitifs, c'est-à-dire en un *double faisceau de nerfs* ou *fibres tordues*, principe qui paraît avoir *persisté*, jusqu'à la fin, dans les *scorpions* de *gros calibre*.

Enfin l'emploi des *ressorts* métalliques, création de Ctésibius au *II^e siècle* avant l'ère chrétienne, semble avoir bientôt prévalu pour le *petit calibre*, sous la forme de *cadres élastiques d'acier*, dont le traité de la *Χειροβαλλίστρα* décrit la structure complète, sous le nom de *καμβέστρια*, et avec lesquels les *anisocycli* ou *oscilla* de Vitruve présentent une analogie dont il sera plus loin rendu compte.

VI.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

32. Tels étaient les matériaux offerts à Baldi par l'histoire. Le savant philologue en aurait pu tirer quelque conjecture plausible, sinon une hypothèse définitive, sur la nature et le mode d'action de la *χειροβαλλίστρα*. Au lieu de songer à comparer entre eux ces divers témoignages, et de chercher à grouper, par voie de synthèse, les éléments épars de cette création antique, Baldi s'en tint à une opinion singulière, que lui avait suggérée, vingt-sept années auparavant, un passage d'Eutocius, mathématicien grec du *vi*^e siècle, relatif aux *Καμαρικά* d'Héron d'Alexandrie.

33. Dans son ouvrage sur Archimède, Eutocius cite en effet le commentaire qu'Isidore de Milet, son maître, avait composé sur les *Καμαρικά*³⁴. Cette mention d'un écrit d'Héron, aujourd'hui perdu, a trait, dans Eutocius, aux méthodes de *tracé continu des sections coniques*, et en particulier de la *parabole*. Le rapport intime qui existe entre les *sections coniques* et la *stéréotomie* autorise à penser que les *Καμαρικά* (l'étymologie en fait foi) n'étaient autre chose qu'un *Traité du tracé des voûtes*. J'en ai, le premier, avancé la remarque à une époque où j'ignorais absolument à quel propos Eutocius cite les *Καμαρικά*³⁵.

34. D'un autre côté, dans le texte édité par Baldi sous le titre de *Χειροβαλλίστρα*, il était question de certains organes mystérieux, appelés *καμβέστρια*, *καμάριον*, *κλιμάκιον*, et qui sont tout simplement les *ressorts* de la machine, le *bâti* en forme d'*arcade* qui les renferme et le *cadre* servant de base à ce bâti. Trompé par l'apparence étymologique, le savant abbé de Guastalla avait conclu, dès l'année 1589³⁶, que c'étaient autant de machines spéciales, et parmi elles le *καμάριον*, ayant peut-être fait partie d'un traité d'Héron connu sous le titre de *Καμαρικά*. Son édition des *Βελοποιϊκά* (Augsbourg, 1616) maintient formellement la même conjecture³⁷.

35. Du reste, sur la difficulté d'interpréter la *Χειροβαλλίστρα*, Baldi formule l'opinion suivante : « Eam ita brevem, mutilam dimi-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« nutamque, ut *omnis spes felicioribus ingeniis quicquam circa eas proficiendi*
« *prorsus adimatur*³⁸. »

36. Un peu plus loin (*op. cit.* p. 71) : « *Figuris autem probatissimis*
« *sermonis obscuritatem brevitatemque temperasse æquum est credere,*
« *quod vel ejus verbis elicitur*³⁹. *Verum enimvero quæ modo manu-*
« *scriptis in codicibus (neque enim typis causa circumferuntur) extant*
« *diagrammata, adeo pessima sunt et barbare, ut ita dicam, delineata, ut*
« *potius officiant quam opem ullam etiam accuratissime legentibus afferant.*
« *Quo vitio omnes fere laborant Græcorum libri de Machinis, qui ex*
« *veteribus exemplaribus exscripti ad hanc nostram ætatem pervenere.*
« *Porro hujusmodi camaricarum cambestriarumque qualis forma pre-*
« *cise fuerit, quisve usus, ex ipso quod extat vestigio conjectari non*
« *est facile. Quamobrem dolendum nobis valde est ea periisse quæ*
« *Isidorus confecerat commentaria.* »

37. Enfin, Baldi résume ainsi son appréciation sur la *Χειροβαλλίστρα*. « Quant au reste des courtes annotations (*commentariola*) intitulées *Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία*, *Structure et dimensions de la chirobaliste*, et à celles relatives aux *cambestria* et aux *camarica*, ce sont plutôt, selon moi, des *ébauches* (*σχεδιάσματα*) que « des *Traité*s véritables (*justa volumina*)⁴⁰. »

VII.

38. Un triple problème, enveloppé des plus épaisses ténèbres, et jugé insoluble par un des princes de la science, était donc signalé à l'attention des philologues. Durant plus de deux siècles, l'opinion de Baldi sur la *Χειροβαλλίστρα* règne sans conteste. Seul, Juste-Lipse, dans ses *Dialogues sur la Poliorcétique*, publiés neuf ans après la *Χειροβαλλίστρα*, s'abstient même de citer l'engin attribué par Baldi à Héron d'Alexandrie⁴¹.

39. Saumaise (1657) admet la pluralité des *χειροβαλλίστραι* et il les assimile, en dépit de Végèce, aux *arbalètes*⁴².

40. Lambecius (1675) considère la *chirobaliste*, les *campestria* (*sic*)

et le *camarion*, comme autant de machines distinctes, faisant l'objet de traités séparés⁴³. On lui doit toutefois la mention première des importantes variantes du manuscrit cx (*nunc* 140) de Vienne, par rapport au texte de Baldi, notamment la longueur *δακτύλους* $\overline{\text{IC}}$ ($10 \frac{1}{2}$ doigts) que ce manuscrit assigne aux *καμβέστρια*, au lieu des *δακτύλους* *εἴκοσι* (20 doigts) de Baldi et de la plupart des autres manuscrits.

41. Ducange⁴⁴, le Varron français, imprime en 1688 :

« *Καμάριον, machinæ bellicæ species.*

« *Καμβέστριον, machinæ bellicæ genus.*

« *Χειροβολίστρια, machinæ bellicæ seu balistæ species.*

« *Χειροβαλλίστρια, falarica.*

42. Or, suivant Tite-Live⁴⁵, la *falarique* était un javelot garni d'étaupe enduite de poix, qu'on allumait avant de le lancer.

43. Nessel (1690), dans la sixième partie de son *Catalogue de la Bibliothèque de Vienne*, complétant celui de Lambecius, mentionne plusieurs manuscrits contenant la *Χειροβαλλίστρια*, avec deux autres fragments relatifs aux *campestria* (*sic*) et au *camarium*⁴⁶.

44. Une réédition de la *Χειροβαλλίστρια* paraît, en 1693, dans le recueil des *Mathematici veteres* de Thévenot⁴⁷. Le texte grec, accompagné de figures et d'une traduction latine, est celui du manuscrit de Paris 2435 (*olim* 2175), de même source que ceux du Vatican. A l'exemple de Baldi, Thévenot ajoute en marge quelques variantes fournies par d'autres manuscrits. Toutefois, à l'instar de tous les manuscrits connus, l'édition de 1693 place la *Χειροβαλλίστρια* avant les *Βελοποιϊκά*, et évite avec soin l'interpolation [Τοῦ αὐτοῦ] Ἡρώνος qui avait induit Baldi à donner la *Χειροβαλλίστρια* en appendice aux *Βελοποιϊκά*.

45. Les figures données par Thévenot sont assez claires, bien que parfois les lettres de renvoi au texte y manquent, ou ne se trouvent pas toujours exactement placées. La traduction latine, honnêtement correcte, prouve qu'il n'est pas nécessaire de comprendre un texte pour le transporter en une autre langue. A l'exemple de Lambecius et de Nessel, le traducteur rend *καμβέστρια* par *campestria*, et *καμάριον* par

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

camarium. De même, il traduit *κανόνες* par *canones*, *κλιμάκιον* par *climacium*, *διαπήγιον* par *diapegium*, etc. Quant à la pureté relative du grec de Thévenot, on en trouvera plus loin l'appréciation, dans l'examen comparatif des manuscrits et des éditions.

46. Avec Baldi et les commentateurs à la suite, Thévenot semble admettre que la *χειροβαλλίστρα* est un nom générique, servant de titre commun à plusieurs machines distinctes. On en trouve la preuve dans son *Introduction*⁴⁸, où il reproduit l'opinion de Baldi au sujet de l'authenticité de l'opuscule attribué à Héron d'Alexandrie.

En 1693 la question principale subsistait donc tout entière.

VIII.

47. Trois quarts de siècle s'écoulaient dans le *statu quo* consacré par l'autorité de Baldi. En 1768 seulement, un savant professeur allemand, Meister, énonce pour la première fois⁴⁹ une conjecture plausible sur le mécanisme de la *χειροβαλλίστρα*. Mieux que personne, il avait pu se rendre compte des difficultés d'une pareille recherche, car on lui doit la reconstruction, assez exacte d'ailleurs, de la *catapulte polybole*, de Denys d'Alexandrie, décrite par Philon de Byzance, en son livre IV, *Βελοποιικῶν*, édité par Thévenot dans les *Mathematici veteres*⁵⁰.

48. Voici l'opinion de Meister sur les textes dont fait partie la *Χειροβαλλίστρα* :

« Literarum ad icones referendarum perpetua occurrit confusio; pars quoque excidit aut sedem mutavit. Icones ipsæ pleræque nullius pretii, nonnullæ oppido ridiculæ et fortuito adjunctæ. Literæ demonstrativæ illis adscribendæ in textu ita confusæ et toties repetitæ, ut nec eas quæ eidem, quæ diversis iconibus respondeant. Accedunt ad hæc reliqua quæ literatos interpretes a machinarum descriptionibus vel deterreere vel in illis explicandis frustra fatigare solent; eo quod architecti magis ingenium quam grammatici eruditionem requirunt⁵¹. »

49. Sur la *χειροβαλλίστρα*, le savant interprète énonce la conjecture suivante :

« *Æneis laminis deinceps ferreæ successisse videntur. Saltem in diffi-*
 « *cillima illa, corruptissima et Cimмериis tenebris involuta cheirobal-*
 « *listræ descriptione, quam Heroni debemus, siderotonum aliquod*
 « *organum, chalcotono non absimile, latere videtur. Occurrunt enim in*
 « *illo ferreæ laminæ quatuor, ut in hoc æneæ, et vocantur καμδέστρια,*
 « *non a campo quidem, quod interpreti placuit*⁵², *quasi tota ballistra*
 « *canpestris dicta fuerit, fortasse ut a montanis aut navalibus distingue-*
 « *retur, sed a curvatura sua. Arcus ferreos in veterum balistis vel cata-*
 « *pultis non invenio*⁵³. »

50. La machine *chalcotone* (*χαλκότονον ὄργανον*) dont parle ici Meister, est décrite en détail par Philon de Byzance dans les *Mathematici veteres*⁵⁴. C'est le premier spécimen, et on le doit à Ctésibius, de la substitution de ressorts métalliques, en bronze tout d'abord⁵⁵, aux faisceaux des fibres tordues des catapultes. Malgré la clarté du texte de Philon⁵⁶, Meister ne paraît pas avoir saisi le dispositif exact des ressorts *chalcotones*, dans l'explication donnée plus haut. Ailleurs il les compare aux lames reployées ou enroulées, d'acier trempé, qui font jouer le pêne d'une serrure⁵⁷.

51. L'idée d'un système de ressorts métalliques, de forme *cambrée*, agissant *par détente* sur le projectile, soit directement, soit par l'intermédiaire d'organes dont le savant professeur ne dit rien, a donc été pour la première fois formulée, au sujet de la *χειροβαλλίστρα*, par Meister. Mais, ainsi que je l'avais remarqué en 1862, « Meister ne
 « conclut rien sur la manière dont fonctionne le système; et, en admet-
 « tant qu'il en ait entrevu la force motrice, il n'en a signalé ni le point
 « d'appui, ni le levier⁵⁸. »

52. Il y a plus, Meister semble partager l'opinion de Baldi sur la pluralité des engins de la *χειροβαλλίστρα*. A propos des machines dont le nom dérive de la manière de les armer, il fait la déclaration suivante : « Ita *cheirobalistras* habemus, quarum nervus nuda manu du-
 « cebatur; *gastraphetas*, qui corporis et ventris imprimis nisu catago-

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

1. A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« gidis ope tendebantur⁵⁹. » A l'appui de cette remarque, Meister décrit plusieurs *gastraphètes*. Or ceux-ci admettaient le petit et le gros calibre, et le *gastraphète* portatif ou *arbalète* fut le seul engin qui s'armât à *bras franc*. La *chirobaliste* ne fut d'abord qu'un petit *gastraphète* à ressorts métalliques, s'armant par la pression du corps sur la crosse de l'engin buté contre terre. Plus tard on la monta sur un affût roulant ou fixe, comme on le voit sur les bas-reliefs de la colonne Trajane. La distinction posée par Meister entre les deux systèmes, *manubaliste* et *gastraphète*, au point de vue de la *mise au bandé*, n'est donc pas fondée. Ils ne diffèrent que par la nature du mécanisme moteur : la *chirobaliste* n'est qu'un *gastraphète* transformé.

53. Le pluriel *cheiromballistras* semble impliquer, dans la pensée de Meister, l'idée de plusieurs machines groupées sous un nom commun, en regard du pluriel *gastraphetas*, engins dont on connaît plusieurs types distincts, entre autres les deux *gastraphètes* construits par Zopyre de Tarente, l'un à Milet et l'autre à Cumes, en Italie; ce dernier sous le nom de *γαστραφέτης ὀρινοβάτης*, soit qu'il fût affecté au service de *montagne*, ou qu'il tirât *sous un angle fixe et très-incliné*, à l'instar des mortiers modernes, dont on sait que le jet est *montant*. La description de ces deux engins, dont les dimensions étaient d'ailleurs considérables, est due à Biton, dans ses *Κατασκευαὶ πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*⁶⁰.

Les *gastraphètes* de Zopyre de Tarente n'étaient que de grosses *arbalètes*, et ils s'armaient au moyen de mouffles actionnées par un treuil. C'est improprement qu'ils sont appelés *gastraphètes*, nom qui pourtant en révèle la haute antiquité.

54. D'un autre côté, Meister paraît croire que le nom de *cheiromballistra* dérive de la manière dont s'armait l'engin, *nuda manu*. Récemment M. Vincent l'a attribué à ce que l'arme était *portative*⁶¹. Mais l'*arc*, l'*arbalète*, l'étaient également, et la *manubaliste* s'armait par la *pression du ventre*, ainsi que je l'ai expliqué plus haut. C'est ailleurs qu'il faut chercher les raisons du nom tout spécial donné à cette machine.

55. Plus loin, Meister reprend la question au *pluriel*, avec une

affectation plus marquée : « *Scorpiones inde quoque dictos fuisse quod arcus machinæ quodam modo referret illius bestię chelas, Perralti conjectura esse videtur. Non enim memini in veterum scriptis extare. Vegetii scorpionem arcu instructum fuisse inde non sequitur, quod manuballistam vocaret novella ætas, nam et Græcis manuballistæ fuerunt, arcubus non instructæ, et Vegetius ipse scorpiones separare videtur a sui ævi arcubalistis, quas describere ideo superfluum putabat, quod præsens usus eas agnosceret*⁶². »

56. L'affectation de Meister est d'autant plus frappante, qu'il cite au *singulier* la mention faite au *pluriel* par Végèce *des scorpions appelés depuis manubalistes*⁶³, et aussi des *arcubalistes*⁶⁴; tandis que, pour les *manubalistes* grecques, dont il a dit, à propos des *καμβέστρια*, qu'elles sont dépourvues d'arc, Meister observe religieusement le *pluriel*, à l'exemple de Baldi, bien que le titre de la *Χειροβαλλίστρα* d'Héron, sous la forme du *singulier*, exclue toute idée de collectivité d'objets rangés sous un nom commun. En grec, la désinence *τρα* désigne toujours un nom d'outil ou d'instrument de précision : *διώστρα*, *διόπτρα*, *βαλλίστρα*, etc.

57. Ainsi Meister entrevoit la nature du mécanisme de la chirobaliste, sans reconnaître que l'opuscule d'Héron en décrit les divers organes. Ceux-ci lui paraissent autant d'engins distincts, groupés sous le titre de : *Χειροβαλλίστρας κατασκευή καὶ συμμετρία*, comme si le texte portait *Χειροβαλλίστρων κατασκ. κτλ.*

L'apport de Meister à la solution du problème est donc sans valeur décisive.

58. En 1795, Harles, rééditant la *Bibliothèque grecque* de Fabricius, mentionne « deux fragments de *Campestribus* et *Camaricis*, engins publiés déjà par Baldi, dans sa *Bélopée*; mais, ajoute-t-il, ces fragments présentent dans le manuscrit cx de nombreuses variantes, ainsi que l'a indiqué Lambecius, VII, p. 418. On les trouve également dans le manuscrit cxiii de Vienne et dans plusieurs autres⁶⁵. »

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

IX.

59. Tout d'abord, le ^{xix}^e siècle garde le silence sur la χειροβαλλίστρα.

En 1840, le général (alors colonel du génie suisse) Dufour, dans son *Mémoire sur l'artillerie des anciens et sur celle du moyen âge*⁶⁶, se borne à dire que le scorpion « ne devait être autre chose qu'une forte « arbalète, et qu'en effet Végèce l'appelle aussi *manubaliste*. »

60. Or, d'après Végèce lui-même, non-seulement le scorpion est très-distinct de l'arbalète, mais encore celle-ci l'est complètement de la *manubaliste*⁶⁷. L'assertion du savant officier renferme donc presque autant d'erreurs que de mots.

61. En 1853, deux écrivains allemands, MM. H. Köchly, helléniste, et W. Rüstow, officier suisse, publient une réédition des traités grecs relatifs à l'art militaire, avec traduction allemande en regard, commentaire technique et philologique, et planches nombreuses à l'appui. Les Βελοποιϊκά d'Héron d'Alexandrie, le Βελοποιϊκῶν Λόγος Δ' de Philon de Byzance, y occupent une partie du premier volume. Quant à la Χειροβαλλίστρα, voici l'opinion formulée par les savants éditeurs :

62. « Outre la Bélopée, Héron a laissé encore plusieurs écrits ayant « trait à la physique et à la mécanique, entre autres l'exposé de la « *Construction de la baliste à main* (χειροβαλλίστρα, *manuballista*), dont le « sens est demeuré jusqu'ici tellement impénétrable, qu'il nous est impossible « d'en communiquer rien au public⁶⁸. »

63. Et, en effet, les savants éditeurs évitent même d'en reproduire le texte, qu'ils pouvaient réimprimer d'après Baldi ou Thévenot, sans autre responsabilité.

Ainsi, il y a vingt ans, le dernier mot de la critique, à l'endroit de l'énigme d'Héron, c'était

D'imiter de Conrart le silence prudent.

64. Toutefois, l'année 1854 voit éclore, sous une forme à la vérité

rajeunie, une nouvelle édition des conjectures de Baldi, dans les *Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie*, de M. Th. H. Martin, doyen de la Faculté des lettres de Rennes⁶⁹. Voici, d'après le savant professeur, la place qui convient à la *Χειροβαλλίστρα*, parmi les œuvres du grand disciple de Ctésibius.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

§ 4. *Χειροβαλλίστρας*⁷⁰ κατασκευὴ καὶ συμμετρία.

65. « Le morceau publié par Baldi sous le titre *Τοῦ αὐτοῦ Ἡρωνος* « *Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία*, sans traduction, et par « Thévenot (p. 115-125 des *Math. vet.*) avec traduction latine, sous le « même titre moins les mots *τοῦ αὐτοῦ*, se compose de trois parties; et le « titre commun pourrait bien ne convenir qu'à la première, qui paraît être « un fragment plutôt qu'un opusculé complet, et qui est peu intelligible. »

66. M. H. Martin désigne par première partie les deux premiers paragraphes de la *Χειροβαλλίστρα*, concernant la coulisse, le tiroir et la batterie. Il a raison de n'y voir qu'un *fragment*, l'opusculé étant complété par les deux autres parties.

§ 5. *Περὶ καμβεσρίων*.

67. « Il en est de même des deux autres parties du même morceau. « Dans la *seconde partie*, il est question de la construction des *καμβεσρία*. Il est probable que c'est un fragment d'un opusculé *Περὶ καμβεσρίων*. »

§ 6. *Καμαρικά*.

68. « Dans la *troisième partie* du même morceau, il est question de la « construction du *καμάριον*. En effet Eutocius atteste (*In Arch. lib. II* « *De sphæra et cylindro*, p. 19 de Hervag) qu'Héron avait écrit sur les « *καμαρικά*, et que cet opusculé avait été commenté par Isidore de « Milet, maître d'Eutocius. Ainsi l'authenticité de cette dernière partie « est appuyée par un témoignage antique, et c'est une forte raison de croire « à l'authenticité des deux autres parties, confirmée expressément par le

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« titre du manuscrit que Baldi avait sous les yeux. *L'ensemble paraît être une compilation de trois fragments appartenant à trois opusculs d'Héron et réunis sous un titre qui n'appartenait qu'au premier fragment.* »

69. « Seulement, il est probable que ces trois fragments ont subi de grandes altérations. Suivant la remarque de Baldi (p. 71, *Heronis Alex. vita*) le texte en est si obscur, qu'il est bien difficile d'entrevoir ce qu'étaient les *καμβέστρια* et le *καμάριον* et quel en était l'usage⁷¹. »

70. Et plus loin : « Nous croyons, ajoute M. T. H. Martin (de Rennes) que Baldi et Lambecius ont eu raison de considérer ces deux fragments comme tout à fait distincts du fragment fort obscur aussi, sur la *χειροβαλλίστρα*, auquel pourtant ils sont joints dans l'édition de Baldi, ainsi que dans celle de Thévenot et dans les manuscrits, excepté peut-être le manuscrit 110 de Vienne⁷². Mais Baldi les sépare, dans son énumération des œuvres d'Héron (*Heronis Alex. vita*, p. 71 (72) 72 (73)), sous le titre de *Σχεδιάσματα de cambestriis et camaricis*⁷³, et Lambecius a suivi cet exemple. »

71. Ainsi, sous la plume de M. H. Martin (de Rennes), les méprises de Baldi se perpétuent en s'aggravant. Les conjectures du savant du XVI-XVII^e siècle tournent en faits acquis aux yeux du moderne philologue. Les *καμβέστρια* et le *καμάριον* paraissaient à Baldi plutôt des ébauches (*σχεδιάσματα*) que des traités véritables (*justa volumina*), et il s'était bien gardé de les isoler du corps de la *Χειροβαλλίστρα*. M. H. Martin n'hésite pas à les transformer en ouvrages spéciaux et distincts, et à les classer séparément, chacun avec son titre grec et son numéro d'ordre, au catalogue des œuvres d'Héron d'Alexandrie!

X.

72. A son tour, M. Vincent, de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, eut le courage d'aborder (1861-1866) le problème de la *χειροβαλλίστρα*. Dès 1854, il avait communiqué à M. H. Martin (de Rennes) la conjecture de Baldi sur les *καμβέστρια*. Sans aucun doute, il connaissait les tentatives faites jusqu'alors pour en déchiffrer l'énigme

Déjà, en 1860, j'avais reproduit pour le savant érudit les figures de Thévenot, dans le manuscrit de sa traduction (inédite) des *Βελοποιικά*. A cette occasion, je lui avais soumis quelques observations, qui lui parurent mériter confiance⁷⁴. M. Vincent me proposa de m'associer à sa nouvelle recherche (avril 1861).

73. A cette époque, je n'avais pas la moindre idée des travaux antérieurs concernant la *χειροβαλλίστρα*. J'ignorais également l'existence de données historiques susceptibles de fournir, jusqu'à un certain point, comme on l'a vu plus haut, quelques traits à la physionomie de la chirobaliste, d'en suivre la tradition à travers les âges et d'assigner à l'engin, avec une précision déjà suffisante, son rang dans l'artillerie antique. Je n'eus pour guide, en ce travail difficile, que le texte grec avec l'inconsciente traduction latine de Thévenot.

74. A la vérité, dès le début, M. Vincent m'avertit que ses prédécesseurs étaient unanimes à considérer, dans la *Χειροβαλλίστρα*, *autant d'engins distincts qu'elle présente de paragraphes*. Lui-même néanmoins paraissait répugner à cette opinion. Ses idées personnelles l'entraînaient déjà à voir, dans l'opuscule d'Héron, une machine *aérotone*, c'est-à-dire un engin *unique*, bien que mû par l'*air comprimé*.

75. Un examen attentif du texte me convainquit promptement de l'unité du système. Mais, sans hésiter, je rejetai l'hypothèse du moteur *aérotone*. A mes yeux, l'exiguïté des *κωνοειδῆ* (M. Vincent lisait *κωρυκωδῆ*) excluait *a priori* toute conjecture de ce genre. Loin d'y trouver un récipient d'air compressible, analogue à celui de l'engin *aérotone* de Ctésibius⁷⁵, je me prononçai exclusivement pour le moteur *sidérotone*, formé d'un mécanisme à ressorts d'acier. Après huit mois de patientes investigations, le 28 novembre 1861, je présentai à M. Vincent un croquis en perspective de la *Chirobaliste*, qu'il s'empressa d'adopter.

76. Il faut convenir que ma solution n'offrait pas encore, dans tous les détails, le degré de précision que je lui ai donné depuis. Avant tout, de telles œuvres sont filles du temps; et celui-ci, a dit M. Duruy, « ne consacre que les œuvres auxquelles il a mis la main. » En somme,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ma solution était déjà l'engin *sidérotone*, dont j'ai publié en 1862 la description d'après Thévenot⁷⁶, et dont je donne aujourd'hui la monographie complète. Les *κωνοειδῆ*, simples leviers balistiques, de structure spéciale, y étaient conjugués entre eux par la corde archère. Ils appuyaient leurs talons dans les gorges des *καμβέσῳρια*, ressorts d'acier symétriques, en forme de cadres compressibles dont la détente, entraînant les *κωνοειδῆ*, engendrait la force vive du jet. Les battants pivotaient autour d'axes verticaux, reliés par des armatures avec les cadres des *καμβέσῳρια*. Toutefois, comme dans les catapultes ordinaires, j'avais tourné en dedans de la cage les talons des battants, dont les pointes faisaient saillie latéralement au bâti. Le reste de la machine différait peu de ce que j'en publie aujourd'hui.

77. Le lendemain de cette communication, M. Vincent me montra, pour la première fois, des gravures représentant des engins de guerre antiques, d'après les bas-reliefs de la colonne Trajane. On n'y saisit aucune apparence de *bras*. En conséquence, *il me conseilla de chercher à tourner en dedans les pointes des κωνοειδῆ, sauf à placer les pivots par dehors*⁷⁷. J'adoptai avec empressement l'idée de *dissimuler les battants sous la cage*. Mais je maintins le dispositif de mon croquis, où la *cage* abritait également les pivots.

78. L'idée de faire converger vers l'intérieur du bâti les *bras balistiques* de l'engin a une grande importance, au point de vue de la restitution de certaines armes de jet antiques. Il est sûr qu'elle fut suggérée à M. Vincent par les bas-reliefs de la colonne Trajane, mais seulement le jour où je lui présentai ma solution de la *χειροβαλλίστρα*. Ses traductions (inédites) des *Βελοποιϊκά* et du livre IV de Philon de Byzance, n'en ont jamais offert aucune trace. Toutefois, vers la même époque, M. de Reffye entrevoyait la convergence des battants de l'engin *παλίντονον* dans un passage de Philon de Byzance⁷⁸; et, à l'appui de sa conjecture, il faisait construire un petit modèle, que l'on peut voir au Musée d'artillerie. M. de Reffye m'a donné l'assurance qu'il n'avait rien communiqué de cette solution à M. Vincent, à l'époque où le savant académicien me suggéra la même idée pour la chirobaliste.

79. On trouvera plus loin, dans les *Principes généraux de l'artillerie gréco-romaine*, la démonstration complète de l'orientation des battants vers l'avant, ou de leur convergence vers l'intérieur du bâti, dans les engins *παλίντονα*. Je l'ai dégagée des *Βελοποικιά* d'Héron d'Alexandrie, où nul, jusqu'ici, ne l'avait entrevue. Cette convergence est le caractère distinctif des *Παλίντονα*, par rapport aux *Εὐθύτονα*; et je l'ai appuyée de preuves qui m'ont révélé les principes certains de la construction des armes de jet antiques.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XI.

80. M. Vincent avait adopté, avec la variante conseillée par lui-même, ma solution de la *χειροβαλλίστρα*, dont il présenta à l'Empereur, en mars 1862, la traduction et les dessins. Toutefois il poursuivait ses recherches personnelles; et, le 6 juin suivant, il en confiait les résultats à l'Académie des inscriptions, en un pli cacheté, qui fut ouvert le 13 août⁷⁹. Ce travail a servi de base à la solution nouvelle, publiée en 1866 seulement, par le savant académicien⁸⁰, laquelle consiste en une combinaison mixte des types *névrotone* et *sidérotone*.

81. Quant aux raisons qui l'avaient séduit, dès l'origine, en faveur du principe *aérotone*, voici, d'après M. Vincent, à la suite de l'explication qu'il en a donnée⁸¹, les motifs qui les lui firent abandonner :

82. « En conséquence donc, au moins suivant moi, la machine avait
« pour force motrice un *simple mais puissant rudiment de l'écheveau de*
« *nerfs* des anciennes machines *névrotones*, un *simple filet* pour ainsi dire,
« qui, *par son exigüité*, se trouvait *soustrait aux graves inconvénients*
« *signalés par Philon*⁸², *et d'où résulta l'abandon des anciennes machines.*
« Mais en même temps cet élément *névrotone* se trouvait renforcé par
« l'élément *chalcotone*, c'est-à-dire par des *ressorts métalliques*, qui en
« assuraient et en multipliaient la puissance. »

83. L'examen des planches III et IV de l'opuscule de M. Vincent

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

fixera les praticiens sur la valeur de cette théorie. Pour moi, je m'en tiens au conseil de Pindare :

Ἄνευ δὲ Θεοῦ σεσιγαμένον
οὐ σκαιότερον χρῆμ' ἕκαστον⁸⁵.

84. Au surplus, la combinaison *mixte* de M. Vincent n'est pas nouvelle. « Philon, assure M. G. Dufour (*op. cit.*⁸⁴ p. 27), Philon propose « d'employer, pour ajouter à la force du câble, des ressorts d'airain composés de plusieurs lames. » Et, dans sa planche VI, le savant officier reproduit un type étudié en conséquence. A la vérité, il se garde bien de réduire le *faisceau névrotone* au simple mais puissant *rudiment* proposé par M. Vincent. Les talons de ses battants pressent contre des ressorts de bronze arc-boutés, et traversent comme à l'ordinaire les faisceaux de fibres tordues; mais une pareille solution est complètement inadmissible. MM. Köchly et Rüstow, dans le dessin annexé à leur traduction de Philon, ont supprimé avec raison tout l'appareil *névrotone*⁸⁵.

85. Le mérite du travail de M. Vincent se limite, en définitive, à l'heureuse adoption de plusieurs variantes des manuscrits de Vienne, signalées déjà par Lambecius, et d'une ou deux dimensions également publiées par Baldi. On lui doit la leçon *κλείσεως*, au lieu de *κλίσεως* donné par tous les manuscrits. Ses autres corrections sont, pour la plupart, des emprunts faits à ma première édition; emprunts que M. Wescher, dans sa *Poliorcétique*⁸⁶, semble considérer comme la propriété de M. Vincent. Dans la statistique des corrections dues aux divers éditeurs, on en trouvera plus loin le relevé.

86. La *Poliorcétique des Grecs*, de M. C. Wescher, fournit la cinquième édition grecque de la *Χειροβαλλίστρα*. Des seize manuscrits aujourd'hui connus, le savant éditeur n'en a utilisé que six. Des éditions antérieures, il ne cite que celles de Thévenot et de M. Vincent. L'édition *princeps* de Baldi, qui présente 186 leçons exactes, sur les 322 passages des manuscrits sujets à correction ou à variante, n'est pas même rappelée par M. Wescher. Quant au véritable interprète de l'énigme vingt fois séculaire de la *Χειροβαλλίστρα*, le savant paléo-

graphe lui décerne le même honneur qu'à Baldi. Il ne pouvait l'éconduire en meilleure compagnie.

87. Par contre, je suis heureux d'exprimer de nouveau toute ma reconnaissance à M. Miller, de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, pour la mention, aussi bienveillante que spontanée, qu'il a jugé opportun de faire de mon édition primitive, dans son compte rendu de la *Poliorcétique des Grecs*, au *Journal des Savants*⁸⁷. Je dois également consigner ici le souvenir de la haute approbation dont l'Empereur daigna honorer, dès avril 1863, mon premier modèle de la chirobaliste. Le déchiffrement de la *Χειροβαλλίστρα* comptera, j'en ai l'espoir, parmi les plus intéressantes trouvailles de ce siècle. Il est donc juste de rappeler ici les témoignages favorables qui l'accueillirent dès l'origine. En revendiquant celui de l'Empereur, je rends simplement à César ce qui est à César.

✓ Enfin je dois à mon savant et vénéré maître, M. Egger, mes plus sincères remerciements pour la bonté toute paternelle avec laquelle il soutint mes efforts, lorsque j'eus à faire valoir mes premiers droits à la restitution de la chirobaliste, et pour les encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer dans la suite.

XII.

88. Les perfectionnements que j'ai apportés à ma solution de 1862 m'ont été suggérés par l'étude du texte de la *Poliorcétique* de M. Wescher, et surtout des manuscrits secondaires de Paris. Des erreurs numériques, commises par Thévenot, m'avaient laissé certains doutes. M. Wescher ne les a pas toutes rectifiées. Son texte conserve encore cinq dimensions fautives⁸⁸. M. Vincent en avait corrigé une d'après Baldi, mais sans justifier la correction et sans citer Baldi, s'appuyant, paraît-il, sur trois des manuscrits secondaires de Paris. Deux autres cotes fausses ont été conservées par M. Vincent, sur la foi des mêmes manuscrits. Je les ai également corrigées, avec commentaire technique et philologique à l'appui.

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

89. La restitution du texte de la *Χειροβαλλίστρα* m'a fourni l'occasion d'établir une *statistique* exacte des corrections diverses exigées par les *seize* manuscrits connus et par les *cinq* éditions déjà publiées. C'était le seul moyen de m'en former une idée comparative. J'en crois l'application nouvelle. En pareille matière, un éditeur donne souvent, sans bien savoir pourquoi⁸⁹, la préférence à tel ou tel texte, manuscrit ou imprimé, et il lui arrive encore d'attribuer à telle édition des corrections heureuses, dues à une édition précédente. Pour la *Χειροβαλλίστρα*, par exemple, M. Wescher ne dit mot ni de l'édition *princeps* de Baldi, ni de la mienne publiée en 1862, et il fait honneur à M. Vincent de restitutions dues à ses prédécesseurs, mais dont le savant académicien, captivé par les manuscrits seuls, ignorait peut-être l'existence.

90. J'avais à éviter ce regrettable écueil. Empruntant à M. Wescher la forme simple et concise de son commentaire paléographique, j'ai refait complètement l'histoire de chaque mot. Toutes les leçons des manuscrits s'y trouvent reproduites, ainsi que les conjectures plus ou moins plausibles des divers éditeurs. De la sorte, la part de chacun dans la restauration du précieux opusculé est nettement déterminée. C'est ce commentaire qui accompagne ma réédition du texte d'Héron, dans la troisième partie du présent ouvrage.

Ce travail achevé, il était aisé de faire la classification statistique des diverses erreurs ou corrections constatées dans les manuscrits et éditions. J'ai dressé ce compte rendu avec une rigueur mathématique. Le détail en tiendrait ici trop de place. Mais, pour se faire une idée exacte de l'état de conservation du texte, il suffira d'en connaître les résultats généraux.

91. Dans la présente édition, le texte de la *Χειροβαλλίστρα* comprend (sans le titre) 1002 mots.

Savoir :

1° Texte descriptif	834	} 1002 mots.
2° Quantités numériques	64	
3° Notations de renvoi aux figures	104	

Il compte donc :

Une quantité numérale ou *cote* par seize mots;

Une notation graphique par dix mots.

Le tableau suivant résume la statistique des seize manuscrits connus⁹⁰.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

MANUSCRITS.	IN-DICES.	INCORRECTIONS.								MOTS des lacunes.	LEÇONS.		INCORRECTIONS.	
		Gramma-ticales.	Notations graph.	Cotes.	Lacunes.	Interpola-tions.	Substitu-tions.	Suppres-sions.	Totaux.		Éditées.	Inédites.	Éditées.	Inédites.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1° PRINCIPAUX.														
1. Mynas, Paris 607 (suppl.)	M	49	19	7	7	3	4	1	90	7	227	5	86	4
2. Vienne 120, olim 113..	F	44	26	5	10	3	4	1	93	112	188	"	93	"
3. Médicis, Paris 2442...	P	45	31	8	10	2	3	1	100	20	219	"	98	2
4, 5, 6. Vatican, 1164, 219, 220.....	V V ₁ V ₂	49	30	8	9	1	2	1	100	19	221	"	99	1
2° SECONDAIRES.														
7. Vienne 140, olim 110..	F ₁	45	17	8	12	5	3	1	91	27	66	160	36	55
8. Paris, 2435.....	P ₁	52	26	9	7	2	3	1	102	17	5	214	6	96
9. Id. 2436.....	P ₂	48	27	10	9	1	4	1	100	19	4	217	9	91
10. Id. 2437.....	P ₃	54	30	9	9	3	6	1	112	19	5	204	8	104
11. Id. 2438.....	P ₄	55	39	10	11	2	7	1	125	21	8	188	9	116
12. Id. 2439.....	P ₅	51	34	9	13	3	7	1	118	44	8	191	7	111
13. Id. 2445.....	P ₆	44	32	9	8	1	2	1	97	18	5	219	4	93
14. Id. 2521.....	P ₇	44	30	8	8	1	3	1	97	18	7	217	7	90
15. Id. 26 (suppl.)....	P ₈	44	30	9	14	3	4	1	105	24	5	211	9	96
16. Id. 244 (suppl.)....	P ₉	46	36	8	13	3	6	1	113	23	5	204	7	106
MOYENNES.....		42	26	7.3	9.00	2	4	1		24				
ENSEMBLE.....											973	2030	478	965
TOTAUX.....										1443	3003		1443	

92. Le nombre total des incorrections rencontrées dans les seize manuscrits est donc de 1443, soit en moyenne 90 incorrections par manuscrit, ou environ *un onzième* de la totalité du texte.

93. Les plus corrects, dans leur ensemble, sont les manuscrits de Mynas et 140 (*olim* 110) de Vienne. Le plus incorrect est le manuscrit 2438 de Paris.

94. Parmi les incorrections figurent les lacunes. Tous les manus-

crits en contiennent d'importantes. Heureusement ces lacunes se combleront par le rapprochement des divers textes. On ne doit regretter, en définitive, que l'absence d'un *seul mot* (Περὶ ἀρίστων, au § 2) omis par tous les manuscrits. La virtualité du sens a permis de le restituer d'une manière certaine.

95. Les incorrections des manuscrits se décomposent ainsi qu'il suit :

a. *Incorrections grammaticales.* En moyenne, 42 par manuscrit. Les plus corrects, à ce point de vue, sont les manuscrits 120 (*olim* 113) de Vienne, 2445, 2521 et 26 (*suppl.*) de Paris. Viennent ensuite les manuscrits de Médicis (Paris, 2442) et 140 (*olim* 110) de Vienne. Le plus fautif est le manuscrit 2438 de Paris.

b. *Notations graphiques*, ou lettres de renvoi aux figures. En moyenne, 26 notations altérées par manuscrit, soit $\frac{1}{7}$ de la totalité de ces notations. Les manuscrits de Mynas et 140 de Vienne sont les plus exacts sous ce rapport. Vient ensuite 120 de Vienne. Le plus fautif est 2438 de Paris.

c. *Cotes ou quantités numériques.* La moyenne par manuscrit est de 7. 3 cotes d'exécutions inexactes, sur 64; soit 1 sur 9. Le manuscrit de Mynas est un des plus corrects sous ce rapport. Toutefois il vient après 120 de Vienne, qui, à dire vrai, compte 112 mots de lacunes, tandis que le manuscrit de Mynas n'en compte que 7. Viennent ensuite les manuscrits de Médicis et du Vatican, les manuscrits 140 de Vienne et 2445, 244 (*suppl.*) de Paris.

d. *Lacunes.* Le nombre moyen des lacunes est de 9 par manuscrit, correspondant à 24 mots absents. Le manuscrit de Mynas ne compte que 7 lacunes et 7 mots absents. Le manuscrit 120 de Vienne est le plus mutilé : 112 mots absents (*un neuvième* du texte total) en 10 lacunes. Le manuscrit le plus complet, après celui de Mynas, est le 2435 de Paris (17 mots absents). Viennent ensuite 2445 et 2521 de Paris. Enfin, le manuscrit 2439 de Paris, le plus mutilé après le 120 de

Vienne, ne compte que 44 mots absents et 13 lacunes. Le manuscrit 26 (*suppl.*) de Paris compte 14 lacunes, nombre *maximum* constaté entre les divers manuscrits.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

e. Interpolations. Elles sont très-peu nombreuses. Le maximum est 5, dans le manuscrit 140 de Vienne. Ce sont des mots introduits par les copistes, en vue de donner plus de liaison aux diverses parties du texte. On ne compte en moyenne que 2 interpolations par manuscrit.

f. Substitutions. Résultat de distractions de la part des copistes. Les manuscrits 2438 et 2439 de Paris en comptent 7, nombre maximum. Le minimum 2 se trouve dans les manuscrits du Vatican et dans le 2445 de Paris. La moyenne est de 4 par manuscrit.

g. Suppressions. Il n'y en a qu'une, celle du mot *Περίλαριον*, signalée plus haut. Dès ma première édition (1862), j'ai rétabli par conjecture ce mot, absent de tous les manuscrits (fin du § 2).

96. En résumé, le jugement que je portais, à cette époque⁹¹, sur l'état d'intégrité du texte de la *Χειροβαλλιστρα*, en m'appuyant sur la seule édition de Thévenot, subsiste dans toute sa plénitude :

« La virtualité du sens technique, retrouvé dans toutes les parties,
« l'ordre alphabétique des lettres descriptives régulièrement observé
« par l'auteur, enfin la discussion des quantités numériques incertaines,
« à l'aide des cotes reconnues exactes, ont rendu facile ce travail de
« restitution littéraire, occasionné par les injures toutes superficielles
« du temps. . . .

« Le *Traité de la chirobaliste* nous est ainsi parvenu, à travers
« vingt siècles, sans autres altérations que des négligences imputables
« aux copistes. Non-seulement sa forme didactique, toujours simple et
« précise, est demeurée intacte, mais encore il offre le répertoire au-
« thentique des nombreuses pièces du mécanisme, avec une telle exac-
« titude, que toutes les dimensions s'y vérifient l'une par l'autre, et

« qu'on en peut déduire, par le calcul, des aperçus synthétiques de « premier ordre, dont on trouvera plus loin des exemples. . . »

97. A côté des *incorrections* ci-dessus énumérées, les manuscrits originaux contiennent évidemment la plupart des mots ou *leçons définitives* du texte. Quelle est la part des manuscrits et des éditeurs, dans cette œuvre de restauration de la *Χειροβαλλιστρα*? Le tableau donné plus haut fournit également une réponse précise à cette question importante.

98. D'abord, les leçons exactes, relevées dans les manuscrits, s'y classent en 973 déjà éditées, et 2030 inédites, ensemble 3003; soit, en moyenne, 187 par manuscrit, dont 61 éditées et 126 inédites. De sorte que, jusqu'à présent, les éditions passaient sous silence 2 leçons sur 3 fournies par les manuscrits.

99. Par les colonnes 12 et 13 on voit cependant que la totalité des leçons des manuscrits principaux (sauf 5 leçons du manuscrit de Mynas) a déjà été publiée. Ce sont les manuscrits dits secondaires, qui fournissent la masse complémentaire. Le plus riche en ce genre est le 2445 de Paris. La moyenne des leçons inédites des manuscrits secondaires est de 125, soit de 9 sur 10 environ.

100. Quant aux 1443 *incorrections*, jusqu'ici les éditeurs n'en avaient signalé que 478, soit 1 sur 3. A l'exception de 7 incorrections, négligées dans les manuscrits de Mynas, de Médicis et du Vatican, toutes celles des manuscrits principaux étaient déjà connues. La masse des incorrections inédites provient, comme celle des leçons non publiées, de la série secondaire, dont 102 incorrections seulement sur 958, ont été signalées par les éditeurs. Nous avons réparé également cet oubli regrettable.

101. Les colonnes 14 et 15 du Tableau statistique donné plus haut montrent que les manuscrits de Paris les moins chargés d'incorrections inédites sont les 2521, 2436, 2445, 2435 et 26 (*suppl.*). Les plus altérés sont 2438 et 2439.

102. En résumé, des *leçons* et *incorrections* de la *Χειροβαλλιστρα*, les éditions précédentes n'avaient encore signalé en moyenne qu'une

sur *trois*⁹²; mais cette proportion ne correspond qu'aux manuscrits secondaires, la série principale ayant été complètement éditée avant ce jour, à 5 *leçons* près sur 855, et à 7 *in Corrections* près sur 376:

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XIII.

103. Après avoir constaté l'état du texte original dans les manuscrits, rendons à chaque éditeur de la *Χειροβαλλίστρα* la part de mérite due à son initiative, dans l'œuvre de la restitution du texte.

Antérieurement au présent travail, on compte cinq éditions de l'opuscule d'Héron, savoir :

- 1° Édition Baldi (Augsbourg, 1616, petit in-4°, *princeps*);
- 2° *Id.* Thévenot (*Math. vet.* Paris, 1693, grand in-fol.);
- 3° *Id.* V. Prou (Paris, 1862, grand in-8°);
- 4° *Id.* A. J. H. Vincent (Paris, 1866, petit in-8°);
- 5° *Id.* C. Wescher (*Polioroët. des Grecs*, Paris, Imp. imp. 1867, in-4°).

104. Baldi indique à peine *deux* ou *trois* variantes, à la marge de son texte de la *Χειροβαλλίστρα*, fourni par les manuscrits du Vatican.

105. Thévenot imprime textuellement le manuscrit 2435 de Paris, et donne à la marge 13 variantes de *seconde main*, inscrites à la marge du même manuscrit.

106. Dans ma première édition (1862), je reproduis les variantes de Thévenot, en y ajoutant quelques remarques philologiques, qui portent à 36 le nombre de mes annotations sur le texte.

107. M. Vincent signale 68 variantes, tirées de Thévenot, des manuscrits de Mynas et de Médicis, ainsi que du manuscrit 140 (*olim* 110) de Vienne, dont il reproduit *in extenso* (*op. cit.* p. 24 à 26) les *in Corrections*, enfin de la série secondaire de Paris. Il passe sous silence les *leçons* de Baldi.

108. M. Wescher annote 111 passages de la *Χειροβαλλίστρα*, d'après les quatre manuscrits dits *principaux*, et d'après Thévenot et

M. Vincent. Il ne mentionne nulle part mon édition de 1862, traduction *princeps* de l'opuscule d'Héron; enfin il attribue à M. Vincent un certain nombre de leçons dues à Baldi ou à mon édition première.

109. Il résulte du commentaire paléographique annexé au présent travail, que le nombre des passages annotés, au point de vue paléographique et philologique, s'élève à 297.

110. Mais quelques-uns de ces passages motivant des observations de nature diverse, l'ensemble des annotations s'élève à 322.

Il y a donc en moyenne, parmi les 1002 mots du texte, *un* mot sur *trois* environ *annoté*, c'est-à-dire présentant des *variantes*, *correctes* ou *non*, dans les manuscrits ou dans les éditions antérieures.

111. Si l'on se reporte au tableau statistique des manuscrits, on voit que l'œuvre des cinq précédents éditeurs comprend :

Variantes	Leçons éditées d'après les manuscrits.....	973
	Incorrections éditées d'après les manuscrits....	478
Ensemble.....		1451

Ces 1451 variantes correspondent aux 322 passages signalés ci-dessus comme annotés par les divers éditeurs⁹³.

112. Dans le texte grec de la présente édition, le commentaire paléographique résume, pour chaque mot annoté, l'historique de sa restitution définitive par son véritable éditeur.

Voici, par ordre de date, le nombre des *leçons exactes* dues aux éditions successives :

Baldi.....	186
Thévenot.....	61
V. Prou (1 ^{re} édition).....	16
Vincent.....	28
C. Wescher.....	21
V. Prou (présente édition).....	10
Ensemble.....	322

113. BALDI (1616). Sur les 322 passages en litige, l'éditeur *prin-*

ceps de la *Χειροβαλλίστρα* a donc donné le premier 186 *leçons* exactes, soit 6 sur 10 environ. La part de ses successeurs est beaucoup moindre. Baldi a emprunté son texte à un manuscrit de la recension byzantine; mais, par suite sans doute d'erreurs typographiques, son édition se trouve moins pure qu'aucun des manuscrits de la série vaticane. On y relève 128 incorrections⁹⁴, tandis que les manuscrits de Médicis et du Vatican n'en comptent que 100. Le moins correct des manuscrits secondaires présente 125 incorrections. Baldi compte, en outre, 14 lacunes, ensemble 51 mots absents. Le plus mutilé des manuscrits secondaires, le 2439 de Paris, ne compte que 13 lacunes, soit 44 mots absents.

Les 128 incorrections de Baldi comprennent : 55 fautes grammaticales, 39 incorrections graphiques, 12 cotes inexactes, 14 lacunes (51 mots), 1 interpolation abusive, 6 substitutions abusives et 1 mot supprimé sans motif.

Quoi qu'il en soit, le savant abbé de Guastalla ne méritait point d'être oublié par M. Wescher⁹⁵.

Aux 128 incorrections échappées à Baldi, si l'on ajoute 2 lacunes (§ 4 de son édition) correspondant à 8 passages annotés dans notre commentaire, il se trouve à répartir entre les éditeurs subséquents 136 passages, ainsi que je l'ai établi précédemment.

114. THÉVENOT (1693). Des 136 incorrections échappées à Baldi, les *Math. veteres* de Thévenot redressent près de moitié.

Les 61 corrections dues à Thévenot se répartissent de la manière suivante :

27 fautes grammaticales, 12 incorrections graphiques, 5 quantités numérales, 10 lacunes, 6 mots maintenus avec raison, 1 suppression plausible⁹⁶.

115. V. PROU (1^{re} édit. 1862). Les 16 corrections plausibles de ma première édition se répartissent de la manière suivante : 7 *leçons* grammaticales, 8 notations graphiques, 1 interpolation plausible⁹⁷.

Il revient donc à ma première édition : 1 correction grammaticale sur 119 mots, 1 correction sur 13 notations graphiques.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

116. A. J. H. VINCENT (1866). Les 28 corrections dues à M. Vincent se répartissent de la manière suivante : 9 corrections grammaticales, 14 notations graphiques, 2 quantités numérales, 2 lacunes, 1 mot maintenu avec raison⁹⁸.

Les efforts du savant académicien ont principalement porté, comme on le voit, sur les notations graphiques. Baldi en avait déjà restitué 24. M. Vincent n'en a laissé que 5 incertaines, dont 2 ont été rétablies par M. Wescher et les 3 autres sont définitivement fixées dans la présente édition.

M. Vincent a laissé encore 6 quantités numérales inexactes.

Parmi ses corrections les plus heureuses, on doit citer *κλείσεως* (§ 2, 2) au lieu de *κλίσεως*, donné par tous les manuscrits et éditeurs précédents.

M. Vincent a emprunté à ma première édition, sans indiquer d'autre source que les manuscrits, un certain nombre de corrections résultant de mes seules conjectures. Sur les 16 leçons dont la priorité revient à mon édition de 1862, M. Vincent en a adopté 14, dont 7 corrections grammaticales et 7 notations graphiques⁹⁹. Du reste, il a adopté également des *erreurs* involontaires échappées à mon premier essai¹⁰⁰. Enfin M. Wescher lui attribue de son côté des corrections dues à Baldi¹⁰¹.

117. C. WESCHER (*Poliorect.* 1867). On doit à M. C. Wescher 21 corrections définitives dans la restitution du texte de la *Χειροβαλλίστρα*, savoir : 13 corrections grammaticales; 2 notations graphiques, 2 quantités numérales; 3 lacunes évitées; 1 suppression plausible¹⁰².

Des 322 passages en litige, M. Wescher n'a donc fixé que 1 leçon sur 15, soit 1 mot sur 48.

Parmi les 104 notations graphiques, il n'en a rectifié que 1 sur 52. Enfin il n'a rétabli que 1 quantité numérale sur 64.

118. V. PROU (2^e édit. *actuelle*). Aux 16 leçons rétablies dans mon édition de 1862, j'ajoute aujourd'hui 9 corrections nouvelles. J'aurai donc restitué en définitive 25 passages de la *Χειροβαλλίστρα*, soit 1 sur 13, ou 1 leçon par 40 mots du texte. Le nombre de mes correc-

tions, inférieur de 3 à celles de M. Vincent, excède de 4 celui des leçons dues à M. Wescher.

Mes corrections actuelles se répartissent de la manière suivante : 3 leçons grammaticales, 3 notations graphiques, 3 quantités numériques¹⁰³.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XIV.

119. En résumé, le texte de Thévenot, qui a servi de base à mon édition première, ne contenait que 74 incorrections, dont j'ai rétabli d'abord 16 leçons exactes. Voici le tableau récapitulatif des inexactitudes de Thévenot, corrigées par ses successeurs :

	THÉVENOT 1693.	V. PROU 1862.	VINCENT 1866.	WESCHER 1867.	V. PROU (actuel).
a. Incorrections grammaticales . . .	32	7	9	13	3
b. Notations graphiques	27	8	14	2	3
c. Quantités numériques	7	"	2	2	3
d. Lacunes	5	"	2	3	"
e. Interpolations	1	"	"	1	"
f. Substitutions	"	"	"	"	"
g. Suppressions	2	1	1	"	"
ENSEMBLE	74	16	28	21	9

La plupart des incorrections de Thévenot étaient donc purement grammaticales, et, par suite, aisées à faire disparaître. Environ $\frac{1}{4}$ des notations graphiques laissaient à désirer : sur 104, Thévenot n'en a donné que 77 définitives. Parmi les cotes d'exécution, 1 sur 8 seulement est fautive dans l'édition de 1693. Enfin Thévenot ne compte que 5 lacunes, comprenant ensemble 18 mots. Ajoutant à cela 1 interpolation et 2 suppressions abusives, je pourrai maintenir les conclusions du jugement porté sur la *Χειροβαλλίστρα* dans ma première édition¹⁰⁴ :

120. « Cet état de conservation presque absolue du texte original tient à une cause simple : nul, jusqu'ici, n'avait entrevu la vérité sur

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« la chirobaliste. A demi-comprise, la pensée d'Héron d'Alexandrie eût
« été travaillée sur le lit de Procuste des commentateurs. A ce point de
« vue, l'illusion de ceux qui ont cru distinguer, dans cet ouvrage,
« l'exposé de plusieurs machines, a moins entravé la découverte de la
« véritable que l'hypothèse préconçue et appuyée sur une modification
« imprudente du texte, qui a fait récemment attribuer l'*air comprimé*
« pour moteur à la chirobaliste. »

« Dans la *Bélopée*, la manière de l'auteur est toute magistrale. Un
« exorde philosophique sur le *Si vis pacem para bellum* y prélude avec
« art à une savante classification des armes de guerre, d'où la mé-
« thode des aperçus généraux, la marche progressive des inventions
« décrites, enfin l'intérêt soutenu du sujet excluent les détails de
« construction courante, pour ne donner place qu'à de hautes et lumi-
« neuses considérations d'ensemble.

« Ici, au contraire, la multiplicité des données pratiques entrave la
« synthèse. Les *cotes d'exécution*, fil d'Ariane sous les doigts patients
« du mécanicien, mêlent des nœuds inextricables entre les mains du
« philologue. Une profonde érudition n'était donc pas indispensable
« pour retrouver une machine vivante dans cet *aide-mémoire* écrit,
« selon toute apparence, à l'usage des armuriers grecs. Et, si l'exemple
« de Vitruve, dans sa description des armes de guerre¹⁰⁵, autorise à
« penser que ces constructeurs dissimulaient à dessein les procédés les
« plus délicats de leur art, on peut conclure, avec Meister, qu'il fallait
« mettre en œuvre des notions pratiques toutes spéciales pour réussir,
« avec l'aide des données de l'auteur, à réintégrer partout l'idée dans
« la forme, à ressusciter enfin la chirobaliste.

« L'opuscule d'Héron, sobre, concis, complet, brille par les qualités
« en faveur dans les *Mémoires* des ingénieurs modernes. Le soin extrême
« apporté à l'exactitude des détails décélèrait plutôt la plume de l'in-
« venteur, qu'un recueil de notes prises *de visu* sur une machine déjà
« construite. Dans tous les cas, ce traité technique, où partout le des-
« sin complète les idées du texte, est certainement le fruit d'une étude
« réfléchie, qui, sans omettre rien d'essentiel, n'a jamais de redite. »

121. La restitution complète de la *χειροβαλλίστρα*, dans ses proportions techniques et dans sa forme artistique, me permet aujourd'hui de confirmer le jugement littéraire qui précède, en lui donnant d'ailleurs, sur la question d'authenticité de l'œuvre, une précision plus rigoureuse.

La chirobaliste est-elle une invention d'Héron d'Alexandrie ?

Sa description appartient-elle au grand disciple de Ctésibius ?

Tel est le double problème qu'il me reste à résoudre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XV.

122. Dans la *deuxième partie* du présent travail, consacrée ci-après à l'étude générale de l'artillerie grecque, au temps d'Héron d'Alexandrie et de Philon de Byzance, successeurs immédiats de Ctésibius, j'ai retracé l'histoire de la transformation du système balistique primitif ou *νευρότονον*¹⁰⁶, à torsion de faisceaux de *fibres élastiques*, en système *χαλκότονον*, c'est-à-dire armé de *ressorts de bronze*, d'après les idées de Ctésibius, et dont la chirobaliste, avec ses ressorts d'acier, ne fut évidemment qu'une modification presque contemporaine. Sous une forme plus dégagée, plus artistique, la *χειροβαλλίστρα* observe, en effet, de trop près les règles alors en faveur dans la construction des engins d'artillerie, pour qu'il soit permis de douter qu'elle date de cette époque. La *coulisse*, le *tiroir*, la *crosse*, la *cage* ou *bâti* abritant l'organe moteur, en un mot toute la charpente de l'arme, et jusqu'à la *batterie* et aux *bras* balistiques, orientés à l'instar de ceux du *παλίντονον ὄργανον* de la *Bélopée*, attestent le fait avec évidence. Les machines reproduites un siècle et demi plus tard sur la colonne Trajane, et qui sont du genre *manubaliste*, présentent des formes notablement modifiées. Enfin, en comparant les *καμδέστρια* de la chirobaliste avec les *oscilla* ou *anisocycles* de Vitruve¹⁰⁷, j'ai démontré qu'à Rome, sous César-Auguste, moins d'un demi-siècle après Héron d'Alexandrie, le scorpion portatif à ressorts métalliques était déjà renommé pour la justesse et la vigueur de son tir.

La chirobaliste est donc contemporaine de l'élève de Ctésibius.

123. Maintenant si l'on considère :

1° Que cet engin fut un simple perfectionnement du système χαλκότονον, création de Ctésibius, récemment améliorée par Philon de Byzance;

2° Que ce perfectionnement repose sur l'application, non plus à la catapulte (ένθύτονον), mais à la baliste (παλίντονον), de ressorts de fer battu ou d'acier, substitué au bronze essayé par les précédents inventeurs;

3° Que, par cette substitution, il devenait aisé, pour un ingénieur aussi habile que l'était Héron d'Alexandrie (témoin l'immense savoir, théorique et pratique, révélé par ses œuvres), de modifier la structure de l'arme, d'en perfectionner le détail, de manière à respecter la tradition dans l'ensemble de l'épure, en lui imprimant le cachet de suprême bon goût inhérent à l'art grec;

4° Qu'en admettant qu'il ait fait étudier par un sculpteur de génie, initié déjà aux travaux d'ornementation de ses curieux automates, le charmant décor des deux mains symboliques de la chirobaliste, il ne répugne nullement d'attribuer à Héron d'Alexandrie la conception première de ce décor aussi bien que du mécanisme, progrès nouveau sur le χαλκότονον de Philon de Byzance, son contemporain;

5° Que, malgré l'insuffisance du titre de l'opuscule qui attribue la Χειροβαλλίστρα à Héron, on ne saurait affirmer que la tradition lui refuse absolument cet honneur, puisque le manuscrit 140 (olim 110) de Vienne, copie du manuscrit de Mynas, mentionne expressément Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως Χειροβ. κτλ.¹⁰⁸.

6° Que même le mot Ἡρωνος tout court, donné par tous les autres manuscrits, pourrait attester la haute antiquité de ce texte, en le faisant remonter à l'époque où l'on ne connaissait encore qu'un savant du nom d'Héron, appelé aussi Ἡρων Κτησιβίου, peut-être parce qu'il était plutôt le fils que le disciple de Ctésibius. Évidemment, le terme

Ἡρων Ἀλεξανδρεὺς date de l'époque où surgit, par exemple, Ἡρων Βυζάντιος, Héron de Byzance.

Par ces divers motifs, je propose d'interpréter le titre Ἡρωνος χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία, comme indiquant, sous le nom de *chirobaliste d'Héron*, une machine inventée par Héron d'Alexandrie.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XVI.

124. Le texte de la *Χειροβαλλίστρα* est-il aussi du savant élève de Ctésibius?

De prime abord, l'opuscule semble appartenir à une plume étrangère. L'auteur n'a qu'un souci : relever exactement, complètement, au point de vue exclusif de la construction, toutes les dimensions d'un modèle évidemment placé sous ses yeux. M. Vincent remarque¹⁰⁹, dans ce texte, l'absence complète de toute indication relative au fonctionnement de l'arme. Le titre seul laisse entrevoir une arme de jet. Pour l'auteur de l'opuscule, sa destination était suffisamment connue. Son texte n'est qu'un détail très-méthodique d'*aide-mémoire*. Les diverses pièces y sont enregistrées de proche en proche, dans l'ordre où il les observait sur place. On peut même affirmer que les *ressorts* (καμβέστρια) et les *battants* (κωνοειδῆ) se trouvaient démontés, ou du moins séparés du corps de l'arme, pour en faciliter l'exacte description. Leurs formes singulières, ainsi que la structure de la *cage* (καμάριον) et de l'*échelette* (κλιμάκιον), paraissent avoir engagé l'auteur à s'informer des noms de ces curieux organes, qu'il semblerait connaître pour la première fois. La manière dont il les signale, τὰ καλούμενα Καμβέστρια, τὸ καλούμενον Καμάριον, τὸ καλούμενον Κλιμάκιον, indiquerait au moins que la machine, nouvelle peut-être pour l'auteur de l'opuscule, était déjà vulgaire¹¹⁰.

125. A ces indices, en apparence négatifs, s'ajoutent d'autres sérieux motifs de doute. Si la *Χειροβαλλίστρα* était de la même plume que les *Βελοποικίλα*, les pièces principales du corps de l'engin, *coulisse*, *crosse*, *tiroir*, porteraient, dans le texte qui nous occupe, les noms tech-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

niques *σύριγξ, καταγωγίς, διώσισρα*, que leur assigne la Bélopée, dans la description du *γασίραφέτης*, auquel la Chirobaliste emprunte sa méthode de *mise au bandé*¹¹¹. Or ces pièces ne portent ici que des noms vagues, *κανόνες ἐν τετραγώνοις πελεκίνοις, κανὼν ἄρρην, κανὼν Θῆλυς, κανὼν σεληνοειδὲς τι σχῆμα ἔχων*, pièces profilées à rainure et languette en queue d'hironde, pièce mâle, pièce femelle, pièce en forme de croissant. A la vérité, plusieurs de ces termes se retrouvent dans les *Βελοποιϊκά*. Pourquoi donc Héron d'Alexandrie, s'il a rédigé lui-même la *Χειροβαλλίσισρα*, a-t-il commis, dès les premières lignes, une négligence aussi inexplicable?

126. Une dernière objection, la plus puissante de toutes, semble devoir ruiner définitivement l'hypothèse qui attribue l'opuscule à l'élève de Ctésibius. Dans la *quatrième partie* du présent travail, j'ai établi, avec une rigueur mathématique, que l'épure de la chirobaliste, dans ses plus minutieux détails, obéit à la loi du *module*, unité savante qui a soulevé chez les anciens plus d'une intéressante controverse¹¹², et que nous voyons appliquée, non-seulement dans les ouvrages d'Héron d'Alexandrie et de Philon de Byzance traitant des armes de jet, mais encore dans les trois chapitres que Vitruve, au livre X *De Architectura*, a consacrés aux engins balistiques. L'artillerie gréco-romaine tout entière suivait l'échelle des proportions simples, fondée sur l'unité appelée *module*. Dans la Chirobaliste, j'ai retrouvé et mis partout cette unité en évidence. Si Héron d'Alexandrie, créateur de l'engin, est aussi l'auteur de la description, comment a-t-il pu négliger d'en signaler le *module*, principe si habilement commenté par lui dans la *Bélopée*, et appliqué avec une fécondité si merveilleuse dans l'épure de la *χειροβαλλίσισρα*.

127. A la vérité, un indice signalé par M. Wescher¹¹³ présenterait les *Βελοποιϊκά* comme le simple commentaire d'un traité d'Archimède, par Héron, disciple de Ctésibius. Comment admettre encore, sous ce rôle effacé, l'oubli complet d'un aussi imposant exemple, dans la description d'une œuvre qui, à travers les plus humbles détails, le respecte d'une manière toute scrupuleuse?

128. Pour résoudre l'objection, ce n'est pas aux termes techniques ni même aux procédés graphiques comparatifs de la *Bélopée* et de la *Chirobaliste* qu'il faut demander une conformité plus ou moins satisfaisante. Le style des ingénieurs grecs, à l'instar de celui des géomètres, eut de bonne heure sa forme spéciale, sobre et précise, qui établit de prime abord un air de famille entre les divers traités du genre, tels que ceux de la *Poliorecétique* ou des *Mathematici veteres*. Par habitude de métier, un auteur technique peut ressembler à un autre. Cependant, en dehors de la routine professionnelle, un écrivain même circonspect peut employer souvent, dans certaines circonstances, des locutions parfois vicieuses, mais à lui personnelles et familières, et qui lui échappent involontairement au cours de son travail. Héron d'Alexandrie en présente plusieurs cas. Lorsqu'il enregistre les dimensions d'un objet placé sous ses yeux, en les mesurant lui-même, au lieu de dire, par exemple *πλάτος δακτύλων δύο, largeur de deux doigts*, il dit parfois, *πλάτος ὡς δακτύλων δύο, largeur comme de deux doigts*. Dans sa pensée, il ne s'agit pas d'une cote approximative, le chiffre qu'il relève est exact. C'est donc par routine, ou peut-être par l'instinct de la notation moderne = d'égalité algébrique, qu'il intercale le mot *ὡς*. La supposition est d'autant plus admissible, qu'en parlant par *modules* Héron d'Alexandrie évite avec soin le mot *ὡς*, le simple exposé des principes n'embarrassant jamais sa plume.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XVII.

129. Je vais mettre le fait en évidence, par le rapprochement de deux curieux passages des *Automates*, du disciple de Ctésibius¹¹⁴, avec trois endroits de la *Χειροβαλλίστρα*, où le mot *ὡς* est employé d'une manière exclusivement personnelle à Héron d'Alexandrie.

Voici les passages des *Automates* : *Βάσις μῆκος ἔχουσα ὡς πῆχους, πλάτος δὲ ὡς παλαισιῶν τεσσάρων, ὕψος δὲ ὡς παλαισιῶν τριῶν*; un socle ayant **comme** une coudée (6 palmes) de long, **comme** 4 palmes de large, et **comme** 3 palmes de haut. Évidemment l'auteur ne parle point

de quantités approximatives. Il s'agit bien d'un socle dont la longueur est double de sa hauteur, et dont la largeur est les deux tiers de sa longueur.

Un peu plus loin, Héron dit encore : « *Κιόνια τέσσαρα, ὕψος μὲν ἔχοντα ὡς παλαισίῳν $\bar{H}$, πλάτος δὲ παλαισίῳν δύο;* quatre colonnettes ayant COMME 8 palmes de hauteur et 2 palmes de diamètre. L'auteur n'emploie ici *ὡς* qu'une seule fois, comme s'il avait jugé à l'œil de l'épaisseur des colonnettes, après en avoir mesuré la hauteur. Évidemment, la pause marquée par *ὡς* devant la première cote n'a plus alors de raison d'être devant la seconde. On peut également admettre qu'Héron n'usait qu'involontairement de cette locution parasite.

Or, dans le texte de la *Χειροβαλλίστρα*, qui compte soixante-quatre dimensions pratiques, le mot *ὡς* se retrouve en trois endroits, appliqué à l'instar des exemples ci-dessus. Le caractère d'extrême concision imposé par la nature même de l'aide-mémoire, devait faire à l'auteur une loi d'éviter rigoureusement toute expression vicieuse ou superflue. Si donc le mot *ὡς* lui est échappé trois fois, on n'y peut voir qu'un triple *lapsus calami*, absolument involontaire. Or ce *lapsus* ne pouvait échapper qu'à Héron d'Alexandrie.

Voici les trois passages en question :

Au § 4 de la *Chirobaliste*¹¹⁵, on lit : « *Τὸ δὲ μεταξὺ διάστημα τῶν AB « καὶ ZH ὡς δακτύλων $\bar{ΓC}$;* l'intervalle de A à B et de Z à H est COMME « de $3 \frac{1}{2}$ doigts. » Or, la cote $3 \frac{1}{2}$ doigts est le module même de l'engin.

Au § 2 du même opusculé, l'interpolation de *ὡς* est encore plus curieuse¹¹⁶ : « *Μετρήσαντες δακτύλους $\bar{ΔC}$ ὡς τὴν PΣ;* ayant mesuré « $4 \frac{1}{2}$ doigts, COMME la ligne RS. » Ici, la pause est motivée par la transcription, sur la figure annexée au texte, de la notation graphique RS correspondant aux $4 \frac{1}{2}$ doigts indiqués par l'auteur.

Enfin, au § 1^{er}, nous lisons dès les premières lignes : « *Ὁ δὲ ΓΔ . . . ἐχέτω πλάτος ὡς [δακτύλους] $\bar{BC}$;* que la pièce GD ait COMME $2 \frac{1}{2}$ doigts « de largeur. » Or la dimension $2 \frac{1}{2}$ doigts est mathématiquement vraie.

130. L'importance des rapprochements qui précèdent paraît décisive. Le texte de la *Χειροβαλλίστρα* est bien d'Héron d'Alexandrie.

Lui seul avait qualité pour se nommer Ἡρων tout court. Au surplus, son opuscule emploie plusieurs mots usuels, εἰρημένων, προειρημένων, καλούμενον, etc., etc. également fréquents dans les Βελοποιικά, dans les Πνευματικά¹¹⁷ et dans les Αὐτοματοποιητικά¹¹⁸ du célèbre ingénieur d'Alexandrie. S'il a manqué de précision dans la dénomination de quelques pièces de la chirobaliste, pour toutes les autres, il respecte fidèlement la nomenclature. D'ailleurs il ne les décrit qu'au point de vue de la construction. Tel est le but pratique de l'opuscule. A ce but, il sacrifie tout le reste. Les expressions τὰ καλούμενα καμβέστρια, et autres analogues signalées plus haut, tendent simplement à faire connaître les noms donnés par lui-même aux parties les plus modifiées de l'ancien système, où le καμάριον était appelé πλινθιον, où le κλιμάχιον se nommait περιτρητος, où enfin les ἡμιτόνια furent les ancêtres des καμβέστρια. Quant à l'indication du module, principe artistique supérieur, utile à l'épure seulement, elle eût moins concouru à la clarté, à la concision de l'aide-mémoire, que la simple mention des diverses pièces et de leurs dimensions pratiques.

L'authenticité de l'œuvre d'Héron d'Alexandrie, comme engin et comme traité technique, paraît suffisamment démontrée.

XVIII.

131. Après avoir exposé, dans la *deuxième partie* du présent travail, l'état des engins balistiques précurseurs et contemporains de la χειροβαλλίστρια, j'ai traduit et commenté, au point de vue philologique, dans la *troisième partie*, le texte descriptif du système. Pour donner à mes interprétations une sanction mathématique, j'ai discuté et rendu certains, dans une *quatrième et dernière partie*, les éléments techniques fournis par l'opuscule. En un mot, j'ai reconstruit l'engin de toutes pièces, au moyen d'une synthèse purement géométrique.

Une quelconque des dimensions du texte grec étant connue, il est possible, en effet, de retrouver toutes les autres.

132. J'ai d'abord recherché, dans la *χειροβαλλίστρα*, la trace du *module*, unité fondamentale fournie, dans les engins antérieurs, du système *νευρότονον*, par le *diamètre* des faisceaux tordus. La *largeur* du cadre des ressorts, substitué à ces faisceaux dans l'engin d'Héron, m'a fourni le *module* vrai de la chirobaliste; sept dimensions du texte confirment directement cette restitution. Parmi les détails de l'épure, 47 autres dimensions sont multiples ou fractions simples de l'unité ainsi retrouvée. Les nombres 2, 4, 8, 16 expriment en modules les proportions générales de l'arme. Des 204 dimensions rétablies d'après l'épure, 54 dérivent du module.

133. Cela posé, j'ai pris pour base de ma synthèse l'épaisseur *inconnue* des lames des ressorts, quantité ainsi indiquée par Héron : « *πάχος δὲ ὥστε μὴ εὐχερῶς κάμπτεσθαι*, épaisseur telle que les lames ne ploient pas facilement. » L'ovale des ressorts m'a rendu cette dimension, si vaguement exprimée par l'auteur. En même temps, j'y ai retrouvé le tracé antique de l'anse de panier à trois centres, plus simple, plus élégante, que celle des ingénieurs modernes.

Le surplus de la synthèse a confirmé mes diverses conjectures philologiques, et m'a livré, sans grande difficulté, jusqu'aux dimensions, poids et portée, du projectile aigu de la chirobaliste.

134. La partie la plus curieuse, la plus imprévue, de cette restitution, a été la découverte des *maines symboliques* de l'arme, ainsi que le déchiffrement de leur tracé pratique. Sans doute la traduction de l'opuscule d'Héron est importante au point de vue philologique. L'explication du mécanisme exactement décrit par le texte jette également une vive lumière sur l'état de la science industrielle chez les anciens. Mais ce double résultat semble bien amoindri par la résurrection d'une méthode où la merveilleuse habileté du dessin antique vient se dévoiler, dans ses procédés les plus intimes.

135. Jusqu'ici les monuments, bien plus que les textes, nous ont instruits des proportions classiques de l'architecture hellénique. Mais la statuaire grecque, si noble dans ses conceptions, si pure dans l'exécution de ses chefs-d'œuvre, dérobait encore les règles mystérieuses

d'un art que le génie moderne n'égalerait jamais, le secret des attitudes naturelles, vivantes, ce que Pindare appelle ¹¹⁹

Ἔργα ζωῶσιν ἐρπόντεσσι θ' ὁμοῖα.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

En dehors d'une méthode pratique, absolument sûre d'elle-même, et laissant à l'artiste toute liberté d'inspiration, il est bien difficile d'expliquer comment le pinceau ou le ciseau grec a pu produire une telle série d'œuvres incomparables. Les mains décoratives de la *χειροβαλλίστρα* révèlent cette méthode. Voici comment, à ce qu'il semble, elles ont pu être incorporées, d'une manière aussi élégante, dans l'épure même de l'engin.

136. Ainsi qu'on le peut voir plus loin, sur la figure 53 complétée du canevas graphique, les lignes de leur contour ne sont autre chose que des diagonales joignant deux à deux des points remarquables de ce canevas. Elles sont donc déterminées de position, permettant au constructeur, lors de l'exécution, de retracer sans tâtonnement le profil des mains décoratives suspendues, pour ainsi dire, par un ingénieux artifice, à des attaches fictives directement reliées à l'épure. Pour obtenir ce résultat, on projetait sur un mur la silhouette de la double main, prise dans une attitude sensiblement correcte. On l'encadrait ensuite d'un panneau rectangulaire, dont les côtés se trouvaient gradués en même nombre de divisions égales. Prises deux à deux de toutes les manières possibles, les divisions fournissaient autant de diagonales servant à rectifier, à idéaliser le contour, l'attitude de l'objet symbolique. Les principales lignes de la silhouette, ou maîtresses diagonales, indiquaient le mode de division applicable aux côtés du cadre. Les divisions répondaient d'ordinaire à 2, 4, 8, 16 parties égales. Les diagonales ainsi tracées obéissaient à la loi d'orientation des attitudes naturelles, observée par les maîtres de l'art antique, dans les positions spontanées des membres d'un être vivant. Les diagonales fixaient la direction, sinon le tracé définitif des lignes successives du contour, dont la silhouette était retouchée en conséquence. Le surplus de l'épure, répondant à la charpente de l'arme, se ratta-

chait, d'une façon analogue, aux centres les plus remarquables d'intersection des diagonales. Le travail terminé, il semble que les mains de la chirobaliste coïncident, par un prodigieux hasard, avec les lignes inférieures du système. Celles-ci, au contraire, ont été orientées sur celles-là.

137. Une méthode aussi réfléchie, aussi fidèle à l'observation de la nature, devait donner des résultats féconds. Dans l'élan de l'inspiration, l'œil de l'artiste poursuit, sa main cherche à fixer ces centres d'harmonie graphique, qui sont les véritables foyers du beau, et qui rayonnent vers lui l'irrésistible sensation d'une création vivante. Obtenus par la géométrie, ils sont le triomphe de l'art hellénique.

138. Maintenant, que l'on imagine la chirobaliste revêtue de couleurs appropriées à ses divers organes et placée, au centre d'une panoplie, dans un arsenal éclairé par le soleil de Grèce. D'un regard, on saisit la pensée première qui dut en concevoir l'ornementation. Ces mains jumelles, s'élançant du sein de la machine, comme pour jouer avec les ressorts, dont leurs doigts semblent provoquer la flexibilité redoutable, donnent aux ailes du toit, par leur pose naturelle, hardie, une incomparable légèreté. Au-dessous, en arrière-plan, les arcs-boutants de l'échelette dessinent une double guirlande, que l'on dirait retenue par les mains elles-mêmes, et qui rappelle le drapé exquis du manteau flottant sur le bras gauche de l'Apollon du Belvédère. Tout entière l'œuvre respire la vie et la paix, alliées dans un gracieux symbole.

139. En campagne, la manubaliste se portait suspendue au dos du soldat. Les arts de la patrie accompagnaient les guerriers en marche. Mais, sur le champ de bataille, lorsque l'arme abaissée décimait l'ennemi à distance, l'emblème pacifique s'évanouissait, pour ainsi dire, ne laissant plus paraître qu'un engin irrité, dont les battants, dociles peut-être à la pression des doigts symboliques contre l'acier strident¹²⁰, lançaient au loin la menace et la mort.

140. Telle fut la *χειροβαλλίστρα* d'Héron d'Alexandrie, arrachée par de persévérants efforts à la nuit vingt fois séculaire du temps. Dans les moindres détails le génie grec y éclate, avec toute sa netteté

et toute sa finesse. L'œuvre est si harmonieuse, que la plume se fatigue à enregistrer les innombrables vérifications de l'épure. Le mécanisme est si parfait, qu'il est aisé d'en calculer, sur la seule position des ressorts, la puissance de portée pratique. La synthèse en est si complète, qu'elle repose ici tout entière sur une cote, *a priori* inconnue, et sur le *module*, dont l'auteur ne dit rien. Par voie d'analogie, ces bases fondamentales ont été tout d'abord rétablies. De cette restitution, le surplus a victorieusement confirmé la justesse.

A tous les points de vue, la chirobaliste atteste, par son admirable structure, « la gloire immense des fils du Soleil, à qui, selon Pindare ¹²¹, « la déesse aux vertes prunelles donna de vaincre, de leurs savantes « mains, dans tous les arts, tous les mortels. Ἦν δὲ κλέος βαθύ! » s'écrie le poète.

De nos jours, où sont-ils donc les mécaniciens capables de s'inspirer, dans leurs œuvres, d'un goût aussi merveilleusement éclairé?

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DEUXIÈME PARTIE.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ARTILLERIE GRÉCO-ROMAINE

AU I^{er} SIÈCLE AVANT J. C.

CHAPITRE PREMIER.

ORIGINES DE L'ARTILLERIE ANTIQUE.

141. A l'époque où les Ptolémées, « amis de la gloire et amis des « arts, » comme dit Philon de Byzance ¹²², attiraient par leurs libéralités et fixaient sur la terre d'Égypte les plus illustres représentants du génie grec, en prodiguant aux sciences des encouragements qui multiplièrent les découvertes, le problème de l'artillerie, si grave de tout temps au point de vue politique, fut repris avec une ardeur incomparable par les ingénieurs d'Alexandrie. La guerre, on le sait, fut, dans l'antiquité, en permanence. Les études qu'elle exige n'y furent jamais interrompues. Mais, jusque vers le milieu du II^e siècle avant l'ère chrétienne, la force des gros engins balistiques, spécialement affectés à l'attaque et à la défense des places, provint exclusivement du jeu de torsion de faisceaux de fibres élastiques, telles que tendons ou nerfs, cheveux, crin, chanvre, actionnant des leviers propulseurs, à l'instar du taquet de serrage bandé par la cordelette d'une scie à main ¹²³. L'emploi de la corne ou du bois flexible s'y trouve restreint à l'arc et à l'arbalète. Quant au métal, c'est de Ctésibius (vers 120 avant J. C.) qu'en date l'application, sous forme de ressorts, aux engins de petit calibre.

142. L'histoire a gardé le souvenir des premiers essais de ce système, dont la χειροβαλλίστρα est le type accompli. S'il n'a pas réussi à se substituer, dans les grosses machines de jet, aux faisceaux névrotones, ce fut sans doute par l'impossibilité où se trouva l'industrie, à

cette époque, de fabriquer des ressorts de dimension pour les calibres supérieurs. D'ailleurs, la réparation d'un engin névrotone était toujours facile, dans toute localité et par les premiers ouvriers venus. La rupture d'un ressort, au contraire, eût constitué un accident irréparable. Quoi qu'il en soit, les anciens, entre autres Philon de Byzance, saluèrent avec enthousiasme l'apparition des machines de jet à ressorts métalliques.

143. Je n'ai pas à retracer ici en détail l'histoire complète de l'artillerie grecque, antérieurement à Ctésibius. Je rappellerai seulement que l'invention des engins dérivés de l'arc et de la fronde est fort ancienne, et qu'elle eut l'Orient pour berceau.

Suivant Pline, « les Crétois inventèrent le *scorpion*, les Syriens la « *catapulte*, et les Phéniciens la *baliste* ¹²⁴. »

144. Vers l'an 810 avant Jésus-Christ, Ozias arme les remparts de Jérusalem « de machines construites par un ingénieur, pour lancer « des traits et de grosses pierres ¹²⁵. »

145. Deux siècles plus tard, Ézéchiël menace la ville sainte des « *Balistes* » ¹²⁶ de Nabuchodonosor, et Jérémie prédit que le grand roi dressera contre elle ses « machines de corde ¹²⁷. »

146. C'est donc à tort que Diodore de Sicile fait remonter l'invention des machines de jet à l'époque du concours ouvert par Denys l'Ancien (399 av. J. C.) entre les ingénieurs de la Sicile et de l'étranger, pour la construction du matériel de guerre que le tyran préparait contre Carthage ¹²⁸. Une découverte ne s'improvise point par décret. Les concurrents eurent plutôt à perfectionner des engins déjà créés. C'est à tort également qu'Élien attribue à Denys le Jeune l'invention même de la « catapulte ¹²⁹. »

147. Dès leur apparition, les engins orientaux furent probablement admirés en Grèce. L'artillerie sicilienne y excita tout d'abord une surprise mêlée de terreur : « Ὀλετο ἀρετά! *Adieu bravoure!* » s'écriait Archidamus, fils d'Agésilas, à la vue d'un trait de catapulte apporté de Syracuse (vers 338) ¹³⁰.

148. Peu de temps auparavant, au siège de Périnthe (341), nous

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

voyons Antigène, officier de Philippe de Macédoine, perdre un œil emporté par un « trait de catapulte ¹³¹. »

149. Durant toute la campagne d'Asie, des engins de ce genre suivent et soutiennent l'armée d'Alexandre ¹³².

150. Le jour de son mariage, à Ecbatane, avec la fille de Darius (324), l'officier Gorgos voue au conquérant, « pour le futur siège « d'Athènes, un présent de dix mille armures complètes, avec un parc « d'autant de catapultes et autres machines de guerre ¹³³. »

151. Après Alexandre, l'artillerie de campagne et de siège figure à chaque instant dans l'histoire. Elle apparaît aussi dans la marine, témoin les « huit pierriers » gigantesques dont le génie d'Archimède, sous les auspices du roi Hiéron, arma son grand vaisseau « la Ville de « Syracuse. » Ces derniers engins lançaient à volonté, à un stade (185 mètres), des boulets de trois talents (80 kilogr.) ou des poutrelles de douze coudées (5 mètr. 50 environ) ¹³⁴.

152. Les progrès que le patronage des rois d'Alexandrie fit faire à la balistique appliquée trouvent leur analogie dans le perfectionnement récent des armes à feu européennes. Partout, dans l'histoire, apparaît l'identité des effets de causes similaires. Les expéditions d'Alexandre et de ses successeurs avaient inauguré, entre les divers peuples de l'ancien monde, des relations jusque-là sans exemple. Tant de nations étrangères, subjuguées par les armes du conquérant ou par l'ascendant de sa renommée, livrèrent en quelque sorte aux compatriotes d'Alexandre le secret de mille usages, de mille produits d'utilité ou d'agrément, formant la base de leur industrie et la source de leur richesse. Le génie grec dut se trouver émerveillé de cette variété prodigieuse de créations artistiques ou savantes, appropriées partout aux exigences des mœurs, c'est-à-dire du climat. Certainement, les Grecs rencontrèrent en Orient des engins de guerre différant, soit par le principe ou par la structure, de leur artillerie officielle : variantes parfois d'apparence méprisable, mais dont un Ctésibius, un Philon de Byzance, un Héron d'Alexandrie, sauraient un jour tirer des merveilles, aux applaudissements de l'art et de la science.

153. L'intervention de Rome en Égypte favorisa également les relations d'Alexandrie avec l'Occident¹³⁵. C'est par les Romains que les ingénieurs des Ptolémées connurent l'élasticité spéciale des aciers espagnols. On sait avec quel empressement les vainqueurs d'Annibal adoptèrent les courtes épées des Celtes et des Ibériens, dont ils avaient apprécié la supériorité durant les guerres puniques. On sait également qu'ils n'en connurent jamais le procédé de fabrication¹³⁶. Aussi voyons-nous Ctésibius, à qui l'acier flexible des épées romaines avait inspiré l'idée d'en renforcer les catapultes, fabriquer tout d'abord des ressorts en bronze écroui. Philon de Byzance, à son exemple, adopte ce métal, tout en perfectionnant le jeu des ressorts. C'est à l'illustre disciple de Ctésibius, à Héron d'Alexandrie, qu'était réservé l'honneur de créer une machine à ressorts d'acier, dans le chef-d'œuvre de la χειροβαλλίστρα.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

154. Ainsi la facilité des communications nouvelles, due aux expéditions lointaines, favorisa les progrès de l'artillerie gréco-romaine. Ainsi encore, de nos jours, les armes à feu sont parvenues à un degré supérieur de perfection, grâce au rapide échange d'idées improvisées, pour ainsi dire, sur tous les points du globe.

Nous examinerons, dans le chapitre suivant, l'état de l'artillerie dite *névrotone*, au temps de Ctésibius; puis, dans le chapitre troisième, les recherches du célèbre inventeur sur les ressorts de bronze, et la continuation de ses travaux par Philon de Byzance.

CHAPITRE DEUXIÈME.

STRUCTURE ET PROPORTIONS DES ENGIES DU SYSTÈME NÉVROTONE.

155. Chez les Grecs, la balistique appliquée fut l'objet de nombreux écrits. Celui de Biton, *Κατασκευαὶ πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*¹³⁷, ainsi que les *Βελοποιϊκά* d'Héron d'Alexandrie¹³⁸ et le *Βελοποιϊκῶν λόγος* Δ de Philon de Byzance¹³⁹, sont les plus complets qui nous soient parvenus. Quelques fragments d'Athénée

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

et d'Apollodore¹⁴⁰, avec trois chapitres du livre X de Vitruve¹⁴¹, achèvent l'ensemble des seuls matériaux qui aient surnagé de l'artillerie antique.

156. Rien n'est comparable, pour la clarté et pour la méthode, à l'élégant traité des Βελοποιικά. Une tradition¹⁴² tendrait à le faire remonter à Archimède. C'est cet opusculé qui va nous fournir les éléments les plus certains de la structure des machines de jet grecques.

Héron d'Alexandrie débute par un spirituel exorde :

Th. 121.
KR. 200.
W. 71-72.

157. Τῆς ἐν φιλοσοφίᾳ διατριβῆς τὸ μέγιστον καὶ ἀναγκαιότατον μέρος ὑπάρχει τὸ περὶ τῆς ἀταραξίας.

Περὶ ἧς πλεῖστοι τε ὑπῆρξαν ζητήσεις παρὰ τοῖς μεταχειριζομένοις τὴν σοφίαν καὶ μεχρὶ νῦν ὑπάρχουσι.

Καὶ νομίζω μὴδὲ τέλος ποτὲ ἔξειν διὰ τῶν λόγων τὴν περὶ αὐτῆς ζήτησιν.

Μηχανικὴ δὲ ὑπερβᾶσα τὴν διὰ τῶν λόγων περὶ ταύτης διδασκαλίαν, ἐδίδαξε πάντας ἀνθρώπους ἀταράχως ζῆν ἐπίστας δι' ἐνὸς καὶ ἐλαχίστου μέρους αὐτῆς, λέγω δὴ τοῦ κατὰ τὴν καλουμένην βελοποιίαν.

Th. 122.

Δι' ἧς οὔτε ἐν εἰρηνικῇ καταστάσει ταραχθήσονται ἐχθρῶν καὶ πολεμίων ἐπανόδοις, οὔτε ἐν σίαντος πολέμου οὐ ταραχθήσονται ποτε τῇ παραδεδομένη ὑπ' αὐτῆς διὰ τῶν ὀργάνων φιλοσοφία.

Διὸ τοῦ μέρους τούτου ἐν παντὶ χρόνῳ καταστῆναι δεῖ καὶ πᾶσαν πρόνοιαν ποιεῖσθαι.

W. 73.

Εἰρήνης γὰρ πολλῆς ὑπαρχούσης, προσδοκῆσαι ἂν τις πλείονα ταύτην

157. De tous les problèmes abordés par les philosophes, le plus grand, le plus nécessaire à résoudre, c'est celui du maintien de la paix¹⁴³.

Jusqu'ici, parmi les maîtres de la science¹⁴⁴, la question a soulevé et soulève encore une infinité de controverses.

Selon moi, de pareilles disputes, purement spéculatives, n'ont aucune chance d'aboutir¹⁴⁵.

Pourtant, sur ce terrain, la mécanique a supplanté la doctrine. Par elle, les hommes ont conquis la sécurité d'une existence paisible, dont elle leur offre les garanties dans la plus humble sphère de son enseignement, je veux dire, dans les applications de ce qu'on nomme l'artillerie.

Grâce à elle, en effet, point d'attaque à redouter en temps de paix, au dedans ni au dehors¹⁴⁶; et, si la guerre éclate, rien n'ébranle une tranquillité fondée sur la philosophie des machines.

Il faut donc, en tout temps, y apporter tous les soins, y consacrer tous les moyens que suggère la prudence.

S'il règne une paix profonde, nul doute qu'on la verra fortifiée par l'ac-

γενέσθαι, όταν ἐν τῇ περὶ τὴν Βελο-
ποιῖαν μέρει καταγίνονται·

Αὐτοὶ τε κατὰ συνειδήσιν ἀτάραχοι
διαμενοῦσι, καὶ οἱ ἐπιθυμοῦντες ἐπιβου-
λεύειν, ὁρῶντες τὴν περὶ αὐτὰ γιγνομέ-
νην αὐτῶν διατριβὴν, οὐκ ἐπελεύσονται.

Ἀμελησάντων δὲ, πᾶσα ἐπιβουλή,
κἂν ἐλάχιστος τυγχάνῃ, επικρατήσει
ἀπαρασκευῶν τῶν ἐν ταῖς πόλεσι περὶ
ταῦτα ὑπαρχόντων.

Voilà un assez beau commentaire du *SI VIS PACEM, PARA BELLUM* an-
tique!

ENGINS EUTHYTONES ET PALINTONES.

Après avoir exposé le plan de l'ouvrage, Héron aborde la classifi-
cation suivante :

158. Τῶν οὖν εἰρημένων ὀργάνων
τὰ μὲν ἐσὶν Εὐθύτονα, τὰ δὲ Παλίν-
τονα καλεῖται· τὰ δὲ Εὐθύτονα τινες
καὶ Σκορπίους καλοῦσιν, ἀπὸ τῆς περὶ
τὸ σχῆμα ὁμοιότητος. Τὰ μὲν Εὐθύτονα
διίστους μόνους ἀφίησι· τὰ δὲ Παλίντονα
ἐνιοὶ καὶ Λιθοβόλα καλοῦσι, διὰ τὸ λί-
θους ἐξαποστέλλειν ἢ καὶ διίστους· πέμ-
πει δὲ τοὶ διίστους ἢ καὶ συναμφοτέρα.

Ὅρος δὲ τῆς βελοποιικῆς ἐστὶ τὸ μα-
κρὰν ἀποστέλλειν τὸ βέλος ἐπὶ τὸν δο-
θέντα σκοπὸν, εὐτονοντὴν πληγὴν ἔχον·
περὶ οὗ δεῖ πᾶσαν τὴν φροντίδα ποιῆσαι
τοῖς εἰρημένοις ὀργάνοις.

Βέλος δὲ καλεῖται πᾶν τὸ ἐξαποστέλ-
λόμενον ὑπὸ τῶν ὀργάνων ἢ ὑπ' ἄλλης
τινὸς δυνάμεως, οἷον τόξου, σφενδόνης,
ἢ ἄλλου τινός.

tivité déployée dans les armements, et
cette conviction sereine perpétuera la
paix ¹⁴⁷.

D'ailleurs, en face d'un appareil de
guerre formidable, toute velléité d'é-
meute serait paralysée.

Que l'artillerie, au contraire, soit
négligée : la moindre machination, si
faible qu'elle surgisse, triomphera bien-
tôt d'un État pris au dépourvu.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 202.

W. 74.

158. De ces engins, dit-il, les uns
sont appelés Εὐθύτονα, et les autres Πα-
λίντονα ¹⁴⁸. Quelquefois, par analogie
de forme, les Εὐθύτονα s'appellent aussi
Scorpions ¹⁴⁹. Les Εὐθύτονα lancent ex-
clusivement des dards. Les Παλίν-
τονα, que l'on nomme aussi Λιθοβόλα
(Pierriers), jettent à volonté des pierres
ou des traits, et même simultanément
les deux sortes de projectiles ¹⁵⁰.

La balistique a pour objet d'at-
teindre, du plus loin et avec le plus
de force possible, un but déterminé.
A cela doivent tendre tous les efforts
de la construction desdites machines.

On nomme PROJECTILE (βέλος) tout
corps lancé au moyen d'un engin ou
instrument quelconque, tel que l'arc,
la fronde, etc.

KR. 204.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

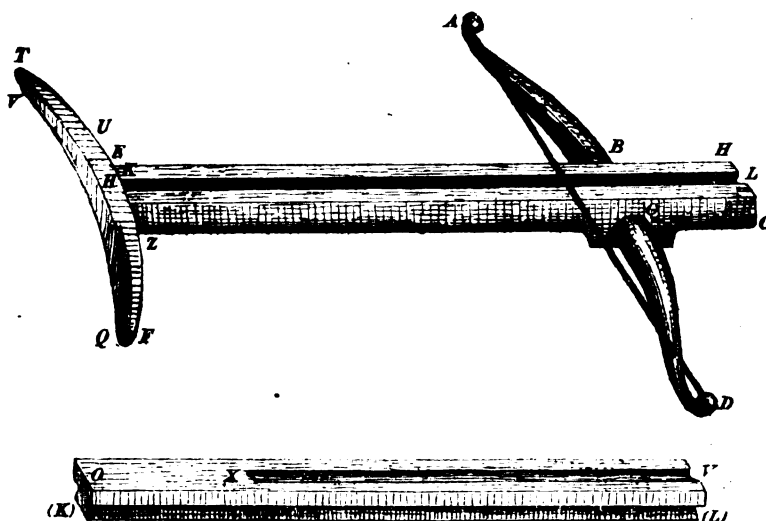
ORIGINE DES MACHINES DE JET. — *Arc primitif.*

KR. 204.

159. Τὴν μὲν οὖν ἀρχὴν ἤρξαντο γίνεσθαι τῶν προειρημένων ὀργάνων αἱ κατασκευαὶ ἀπὸ τῶν χειρουργικῶν τόξων. Βιαζόμενοι γὰρ ἐξαποστέλλειν δι' αὐτῶν μείζον τι βέλος καὶ ἐπὶ πλείονα τόπον, αὐτὰ μείζονα ἐποιοῦν καὶ τοὺς ἐν αὐτοῖς τόνους, λέγω δὴ τὰς ἐκ τῶν ἄκρων κάμψεις, τοτέσσι τὰς ἐκ τῶν κεράτων σκληρότητας. Ἐκ τούτου δὲ συνέβαινε δυσπειθῶς καμπλομένων αὐτῶν, μείζονος δυνάμεως δεῖσθαι ἢ τῆς γιγνομένης ἀπὸ τῆς χειρὸς ἑλξεως. Πρὸς δὴ τοῦτο ἐμηχανήσαντό τι τοιοῦτον.

159. Le point de départ des machines en question fut l'*arc à main*. On tenta d'abord de lancer, avec cet instrument, un trait plus fort et à une distance plus considérable. Naturellement, on fit l'arc plus grand, et l'on en renforça les branches flexibles, en grossissant les courbures des extrémités, c'est-à-dire en donnant plus de rigidité aux cornes¹⁵¹. L'arc ainsi obtenu était difficile à bander; l'effort naturel de la main étant devenu insuffisant, on eut alors recours au mécanisme que voici¹⁵² :

Fig. 1. GASTRAPHÈTE, arbalète primitive.



h. 123.

Ἐστὼ γὰρ τὸ εἰρημένον τόξον τὸ Α Β Γ Δ, ἔχον τὰς ἐπικαμπλομένας ἄκρας τὰς ἀπὸ Α Β, Γ Δ, βιαιοτέρας τῆς διὰ

Soit $ABGD$ l'arc en question, dont les branches courbes AB , GD , ne fléchissent que sous un effort supérieur

τῆς χειρὸς τοῦ ἀνθρώπου γιγνομένης
καταγωγῆς· ἡ δὲ τοξίτις Νευρά ἢ Α Δ.

à celui de la main. Soit *A D* la CORDE
ARCHÈRE (*Νευρά*).

Monture ou coulisse.

160. Τῷ δὲ τόξῳ κατὰ μέσσην τὴν
κοίλην γραμμὴν συμφυῆς ἔστω κανὼν
ὁ ΕΖΗΘ, ἔχων ἐν τῇ ἐπάνῳ ἐπιφανείᾳ
σωλήνα πελεκαιοειδῆ τὸν ΚΛ.

160. A l'arc, et au droit de son front
concave, soit adaptée une monture ΕΖ
ΗΘ, présentant par-dessus une rainure
longitudinale, profilée en queue d'a-
ronde ΚΛ¹⁵³.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 76.

Tiroir.

161. Τούτῳ δὲ ἀρμοστὸς γεγονέτω
ἄρῳ ἰσομήκης αὐτῷ, ἔχων ἐκ τῆς
ἄνω ἐπιφανείας συμφυῆ ἕτερον κανόνα
ἀναπληροῦντα πᾶν τὸ μῆκος καὶ τὸ
πλάτος τοῦ ΕΗΖΘ κανόνος, καὶ ἔχων
ἐκ τῆς ἄνω ἐπιφανείας μέσον κοίλασμα
περιφερὲς, ἰσόμεκες τῷ ΚΛ πελεκίνῳ,
eis δ' ἐπιτίθεται τὸ βέλος.

161. Dans cette rainure s'emboîte
une languette¹⁵⁴, de même profil, fai-
sant corps avec une autre pièce¹⁵⁵ su-
perposée, qui recouvre toute la lon-
gueur et toute la largeur de la monture
ΕΖΗΘ. Enfin, sur le dessus de la se-
conde pièce, soit profilée dans l'axe
une cannelure ronde, de même lon-
gueur que la rainure en queue d'a-
ronde ΚΛ. Sur cette cannelure repose
le trait.

Batterie.

162. Ἐν δὲ τῷ λοιπῷ μέρει αὐτοῦ
τῷ κατὰ τὸ ΕΖΗΘ μέρος, ἐκ τῆς ἄνω
ἐπιφανείας τοῦ ἐπάνῳ κανόνος, ἔστω
τινὰ στήματα ὀρθὰ σιδηρὰ δύο, ἐνηλω-
μένα καὶ συγκεκοινωμένα, ἐκ τῶν ὑπο-
κάτω μερῶν, ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων
βραχύ.

162. Maintenant, en arrière de la
cannelure, et vers la queue de la mon-
ture ΕΖΗΘ, mais sur le dessus de la
pièce superposée à celle-ci, soient éta-
blis deux supports verticaux en fer,
cloués sur le bois, et faisant corps entre
eux par le bas, à peu d'écart l'un de
l'autre [fig. 2].

Μεταξὺ δὲ τούτων ἐγκείσθω σιδηροῦς
δάκτυλος ἐπικεκαμμένος eis τὰ κάτω
μέρη ἐκ τῶν πρὸς τῷ Α μερῶν τοῦ κα-
νόνος, καὶ ἐσχισμένος ἔστω ἐκ τοῦ ἐπι-
κεκαμμένου ἀκροῦ ὥστε δίχηλον γενέ-
σθαι καθάπερ τῶν καλουμένων σκευ-

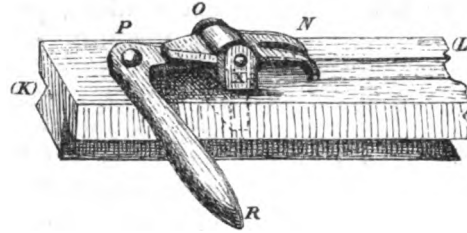
Dans l'intervalle, se loge un doigt
de fer, recourbé de haut en bas, du
côté *L* de la pièce [ΚΛ], et fendu, à
son extrémité crochue, de manière à
former une griffe¹⁵⁶, comme dans l'ou-
til nommé *τεπαίλλες*¹⁵⁷. La largeur de

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δουλίου. Τοσοῦτον δὲ διεσχίσθω ὅσον μεταξὺ δεῖξασθαι τὸ τοῦ βέλους πάχος· καὶ διὰ τῶν σημάτων καὶ τοῦ εἰρημένου δακτύλου διώσθω περόνη μέση σίτρογ-γύλη.

la fente doit être suffisante pour recevoir la queue du trait. Enfin, à travers les supports et le trait en question, s'ajuste une goupille ou broche arrondie ¹⁵⁸ :

Fig. 2. Batterie du Gastraphète.



W. 77. Ἐσίω οὖν ὁ εἰρημένος δάκτυλος ὁ ΝΕΟ, δίχην δὲ τὸ Ν, ἡ δὲ διωσμένη περόνη ἢ πρὸς τὸ ΕΟ μέρει τοῦ δακτύλου. Ὑποβεβλήσθω κανόνιον σιδηροῦν τὸ ΠΡ, κινούμενον περὶ περόνην τὴν Π, πεπηγυῖαν ἐν τῇ ἐπιφανείᾳ τοῦ ἐπικειμένου κανόνος ὀρθίαν. Ἐπὰν οὖν ὑποβληθῇ τὸ ΠΡ κανόνιον ὑπὸ τὸν δάκτυλον, ἀποσφηνοῖ αὐτὸν ὥστε ἀνανεῦσαι μὴ δύνασθαι· ὅταν δὲ, ἐπιλαβόμενοι τοῦ Ρ ἄκρου, ἐπισπασώμεθα τὸ ΠΡ κανόνιον ἐπὶ τὰ πρὸς τῷ ΕΟ μέρη, τότε ἀνανεύσει ὁ δάκτυλος ἐκ τῶν ΕΝ μερῶν.

Soit donc NXO ledit doigt, N la griffe et XO la goupille engagée dans le corps du doigt. Sous celui-ci, soit encore placée une pièce de fer PR , pivotant autour d'une goupille P , encastrée verticalement dans la face de dessus de la pièce supérieure. Évidemment, en poussant cette pièce PR sous la queue du doigt, on cale celui-ci de manière à l'empêcher de pivoter dans le sens vertical. Mais, lorsqu'on presse l'extrémité R de cette pièce PR , en arrière de XO , le doigt aussitôt se relève du côté de XN .

Crosse.

Th. 124. 163. Τῷ δὲ ΕΖΗΘ κανόνι συμφυῆς γεγονέτω ἕτερος κανὼν ὁ ΤΥΦΧΨ, ἔχων τὴν ΤΥΦ κυρτὴν, τὴν δὲ ΨΧ κοίλην.

163. A la pièce $EZHC$ s'adapte une autre pièce $TUFQV$, ayant la face TUF convexe, et la face QV évidée [fig. 1].

Définitions.

164. Ἐκάλουν δὲ τὸν μὲν ΕΖΗΘ κανόνα Σύριγγα, Διώσσαν δὲ τὸν ἐπικει-

164. On appela MONTURE ou COULISSE (Σύριγγ) ¹⁵⁹, la pièce $EZHC$

μενον· τὸ δὲ δεχόμενον τὸ βέλος κοί-
λασμα, Ἐπιτοξίτιδα· τὸ δὲ μεταξὺ τῶν
ΞΟ μέρος τοῦ ἐπικειμένου κανόνος, Χε-
λώνιον (ἦν γὰρ καὶ ὑψηλότερον τοῦ ἐπι-
κειμένου κανόνος)· τὸν δὲ ΝΞΟ δάκτυλον,
Χεῖρα· τὸ δὲ ΠΡ κανόνιον, Σχασίηριαν·
τὸν δὲ ΤΥΦΧΨ κανόνα, Καταγωγίδα·
τὰ δὲ ΑΒ, ΓΔ ἄκρα τοῦ τόξου, Ἀγκῶνας.

(fig. 1 et 2); — TIROIR (Διώσῑρα)¹⁶⁰,
la pièce posée dessus; — CANNELEURE
(Ἐπιτοξίτις)¹⁶¹, la rainure qui reçoit
le trait; — GROUPE ou CULASSE (Χελώ-
νιον, tortue)¹⁶², la portion du tiroir
notée XO (c'est, en effet, la partie cul-
minante de la pièce); — MAIN ou GRIFFE
(Χεῖρ) le doigt NXO; — AMARRES ou
BRIDES (Κατοχεῖς), les supports cor-
respondants; — GÂCHETTE (Σχασίη-
ρία), la pièce PR; — CROSSE ou RE-
FOULOIR (Καταγωγίς)¹⁶³, la pièce TU
FQV; enfin, BRAS ou BATTANTS (Ἀγκῶ-
νες) les branches AB, GD, de l'arc.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 78.

Manœuvre.

165. Ταύτης δὲ τῆς κατασκευῆς γε-
νηθείσης, εἰ ἡξούλοντο ἐντιθέσθαι τὸ
τόξον, ἀνῆγον τὴν διώσῑραν ἐπὶ τὰ πρὸς
τῷ Κ μέρος, ἄχρις οὗ ἀνανεύσασα ἡ
χεὶρ ὑπερβῆ τὴν τοξίτιν νευράν· ἔσῑ
δὲ ἐπάνω τῆς διώσῑρας.

Εἴτα ἐπινεύσαντες αὐτὴν ὑπέβαλλον
τὴν σχασίηριαν, ὥστε ἀνανεῦσαι μηκέτι
δύνασθαι τὴν χεῖρα· καὶ μετὰ ταῦτα
διωθὲν ἄκρον τῆς διώσῑρας εἰς τὸ ἔξω
μέρος ἀντήρειδον τοίχῳ τινι ἢ τῷ ἐδά-
φει, καὶ ταῖς χερσὶ κατέχοντες τὰ ΤΥ
ΦΧΨ ἄκρα τῆς καταγωγίδος, ἐπήρει-
δον τὴν γασίέρα ἐπὶ τοῦ ΧΨ κοιλάσμα-
τος, καὶ βιαζόμενοι τῷ ὅλῳ σώματι
διώθουν τὴν διώσῑραν, καὶ κατῆγον τὴν
τοξίτιν νευράν, δι' ἧς συνέβαινε κάμ-
πισθαι τοὺς ΑΒ, ΓΔ, ἀγκῶνας τοῦ
τόξου. Ὅταν δὲ ἔδοξεν αὐτάρκης ἡ κα-
ταγωγή γεγενέσθαι, ἐπιθέντες τὸ βέλος
ἐπὶ τὴν ἐπιτοξίτιδα, ἀπέσχαζον τὴν
χεῖρα σπαράξαντες τὴν σχασίηριαν,

165. Grâce à ce mécanisme, lors-
qu'on voulait bander l'arc¹⁶⁴, on re-
moutait le tiroir¹⁶⁵ dans la direction du
point K, jusqu'à ce que la griffe, en
pivotant, vînt par-dessus saisir la corde
archère; celle-ci, en effet, arase le des-
sus du tiroir [fig. 3].

Ensuite, appuyant sur la griffe, on
poussait dessous la gâchette, qui l'em-
pêchait ainsi de pivoter. Cela fait, le
tiroir se trouvant alors en saillie vers
L'EXTÉRIEUR¹⁶⁶, on en appuyait la pointe
contre le sol ou contre un mur. Des
deux mains, on saisissait les branches
TUVQF du refouloir; puis on pressait
du ventre contre l'évidement QV de
la crosse, en appuyant de tout le poids
du corps. Refoulé en arrière¹⁶⁷, le ti-
roir entraînait la corde archère, et par
suite faisait fléchir les branches AB,
GD de l'arc. Enfin, lorsqu'on jugeait
le tiroir suffisamment rentré¹⁶⁸, on

Th. 125.

W. 79.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καὶ συνέβαινε τὴν ἐξαποσίολὴν τοῦ βέλους γίνεσθαι.

Δεῖ δὲ τὴν διώσῃραν καταχεῖσαν μηκέτι ὑπὸ τῆς τοξιτίδος ἀνάγεσθαι εἰς τὸ ἄνω μέρος, ἀλλὰ μένειν ἄχρι ἂν ἐπιτεθὲν τὸ βέλος ἐκτοξευθῇ ἐπὶ τὸν δοθέντα σκοπόν.

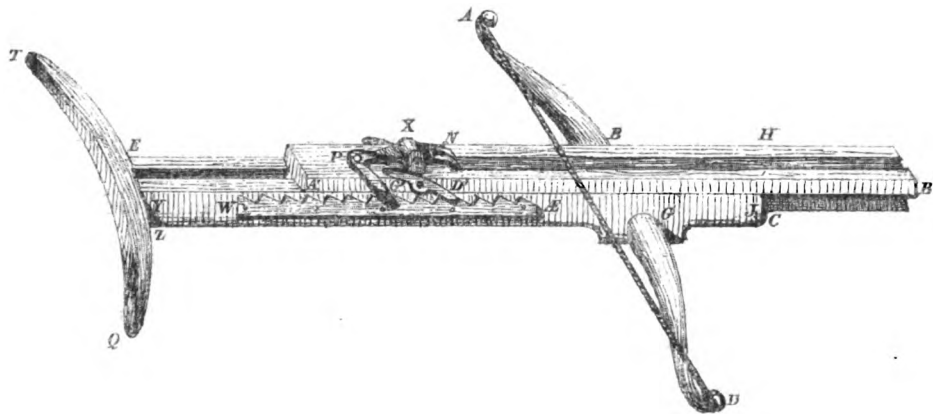
Ἐγίνετο οὖν καὶ τοῦτο οὕτως.

posait le trait sur la cannelure; et, pressant la gâchette, on lâchait la griffe. Le trait aussitôt partait.

Toutefois, lorsque le tiroir se trouve ainsi refoulé¹⁶⁹, il faut le soustraire à la réaction de la corde archère, qui tend à le faire remonter¹⁷⁰; puis, le maintenir fixe, jusqu'à ce que le trait, posé dessus, ait pu atteindre le but.

Voici comment on y parvint :

Fig. 3. — Gastraphète complet.



Cliquet d'arrêt.

KR. 208. 166. Νοείσθω γὰρ τῆς EZHΘ σύριγγος κρόταφος ὁ κατὰ τὸ μήκος ὁ Ως· ἐν δὲ τούτῳ προσηλωμένου κανόνιον ὠδοντωμένον τὸ ζη· τῇ δὲ διώσῃρα κατὰ τὸ ΑΒ προσκείσθω Κόραξ ὁ ΓΔ, κινούμενος περὶ περόνην. Καταγομένης οὖν τῆς διώσῃρας, συνέβαινε τὸν ΓΔ κόρακα, ὃν δὴ Κατακλεῖδα ἐκάλουν, ἐπιπορεύεσθαι κατὰ τῶν ὁδόντων πλάγιον· δεθείσης δὲ τῆς διώσῃρας, ἀντήρειδον τὴν κατακλεῖδα πρὸς ἓνα

W. 80.

166. Concevons, sur la joue latérale de la monture EZHC, et dans le sens longitudinal YJ, une pièce clouée WÆ, laquelle soit munie de dents¹⁷¹; puis au-dessus, adapté en A' B' sur le flanc du tiroir, un corbeau (Κόραξ) G' D', pivotant autour d'une goupille. Dans son recul¹⁷², le tiroir entraîne le corbeau G' D', que l'on nomme Cliquet ou DÉCLIC (Κατακλεῖς)¹⁷³. Celui-ci glisse obliquement d'une dent à l'autre;

τῶν ὀδόντων, ὥστε μηκέτι ὑπὸ τῆς τοξι-
τίδος ἀνάγεσθαι τὴν διώσσαν.

Τὸ δὲ αὐτὸ καὶ ἐκ τοῦ ἐτέρου μέρους
ἐγίνετο τῆς σύριγγος.

167. Ἐκάλουν δὲ τὸ ὄλον ὄργανον
Γαστραφέτην, ἐπειδήπερ διὰ τῆς γασ-
τρὸς ἡ καταγωγή τῆς τοξιτίδος ἐγίνετο.

mais, dès que le tiroir s'arrête, le cli-
quet s'arc-boute contre une des dents,
et soustrait ainsi le tiroir à la réaction
de la corde archère ¹⁷⁴.

Même dispositif sur l'autre flanc de
la monture [fig. 3].

167. L'ensemble de l'engin se
nomme GASTRAPHÈTE ¹⁷⁵. C'est en effet
la pression du ventre qui détermine la
mise au bandé de la corde archère ¹⁷⁶.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
W. 81.

Th. 126.

Suppression de l'arc.

168. Διὰ δὲ τοῦ προειρημένου ὀργά-
νου συνέβαινε μείζον βέλος ἐξαποστέλ-
λεσθαι καὶ ἐπὶ πλείονα τόπον. Βουλ-
μενοι δὲ ἐπαυξῆσαι ἀμφοτέρω, τό τε
βέλος καὶ τὴν ἐξαποστολὴν, ζητοῦντες
τοῦ τόξου ἀγκῶνας αὐτῶν εὐτονωτέρους
ποιῆσαι, μὴ δυνάμενοι δὲ διὰ τῶν κερά-
των τυχεῖν τοῦ προκειμένου.

168. Une pareille machine permet-
tait sans doute de lancer plus loin un
trait plus fort. Mais, lorsqu'on voulut
augmenter encore la grandeur et la
portée du projectile, en cherchant à
multiplier la résistance élastique de
l'arc, la rigidité de la corne se trouva
insuffisante.

Système des fibres en faisceaux.

169. Τὰ μὲν ἄλλα ἐποιοῦν ὁμοίως
τοῖς προειρημένοις, τοὺς δὲ ἀγκῶνας
ἐποίησαν ἐξ εὐτόνου ξύλου, καὶ μείζονας
τῶν ἐν τῷ τόξῳ κατασκευάσαντες, τοιοῦ-
τον πλινθίου ἐπηξάν ἐκ κανόνων Δ
ἰσχυρῶν, οἷον τὸ ΑΒΓΔ, τόρμους ἔχον
ἐκ τῶν ὀρθίων κανόνων τῶν ΑΒ, ΓΔ.
περὶ δὲ τοὺς πλαγίους τοὺς ΑΔ, ΒΓ,
ἔβαλλον νευρὰν πλέξαντες ἐξ ὀργάνου
στοιχείων Συμβολίου, μήρυμα αὐταρ-
κες ποιήσαντες, καὶ περιθέντες συνέ-
τεινον σφόδρα καὶ βία πρῶτον δόμον.
Ἐπειτα κατὰ τὸ ἐξῆς θέντες ἄλλον δό-
μον, καὶ σφηνίδι κρούοντες τὰ κῶλα

169. Sans rien changer au méca-
nisme précédent, on fit des bras en
bois rigide ¹⁷⁷, mais plus longs que les
branches de l'arc primitif. Puis on
construisit un cadre ou BÂTI (Πλιν-
θίου) ¹⁷⁸, composé de quatre forts ma-
driers, tels que ΑΒΓΔ [fig. 4]. Les
montants ΑΒ, ΓΔ, de ce cadre étaient
munis de tenons. Autour des semelles
horizontales ΑΔ, ΒΓ, on enroula une
corde formée de TORONS ¹⁷⁹ filés au
moyen d'un outil de COMMETTAGE (Συμ-
βόλιον) particulier ¹⁸⁰. De la sorte, on
obtint un écheveau de grosseur conve-

W. 82.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ἔπειτα καλῶς συνερείδῃ πρὸς ἄλληλα,
ἔπειτα ἐτέρους δόμους ποιοῦντες ἕως
ἅπαν καταχρήσονται τὸ μήρυμα, τὴν
ἐσχάτην ἀρχὴν ὑπέβαλλον ὑπὸ πάντας
τοὺς στήμονας.

170. Εἴτα διὰ μέσων τῶν νεύρων
διέβαλλον ἓνα τῶν ἀγκώνων, καὶ ἔτι
ὑπὸ τοὺς στήμονας ἐπὶ τῶν ΑΔ, ΒΓ,
διαπηγμάτων ἐτίθεσαν σιδηρὰ ἀξόνια.
Ἀ δὲ ἐπιστρέφοντες βίᾳ συνέτεινον τὰ
νεῦρα, καὶ ὁ ἀγκὼν κατείχετο βίᾳ ὑπὸ
τῶν νεύρων τῆς ἐπιστροφῆς γινομένης.

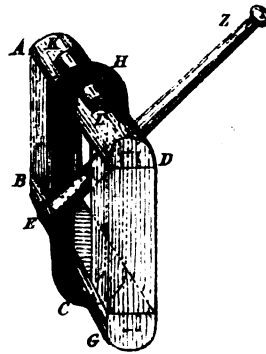
Th. 127. Ἐστω οὖν ὁ μὲν εἰρημένος ἀγκὼν ὁ
ΕΖ, νευρὰ δὲ ἡ ΗΘ, ἀξόνια δὲ τὰ ΚΛ,
ΜΝ.

nable, composé d'un premier rang de
cordons fortement tendus. Puis, ajou-
tant par-dessus un deuxième rang, on
battait les cordons avec un coin¹⁸¹, de
manière à les serrer à point les uns
contre les autres. On continuait suc-
cessivement de la sorte, jusqu'à com-
plet enroulement de la corde, dont on
cachait le bout libre sous le faisceau
des cordons.

170. Cela fait, entre les deux moi-
tiés du faisceau, on installait l'un des
battants; puis, entre les semelles ΑΔ,
ΒΓ, et les coudes du faisceau, on lo-
geait des tasseaux de fer. Amenés au
biais, ces tasseaux tordaient fortement
les cordons. Par suite de cette torsion,
le bras se trouvait énergiquement serré
entre les deux moitiés du faisceau.

Soit donc ΕΖ, le bras; ΗΘ, le fais-
ceau élastique; ΚΛ et ΜΝ, les tas-
seaux¹⁸² [fig. 4]:

Fig. 4. — Écheveau de fibres tordues substitué à l'art primitif.



KR. 210. 171. Τοιοῦτον δὲ καὶ ἕτερον πλιν-
θίον κατασκευάσαντες, καὶ συνδήσαντες

171. On prépara de même un se-
cond cadre, que l'on conjugua avec

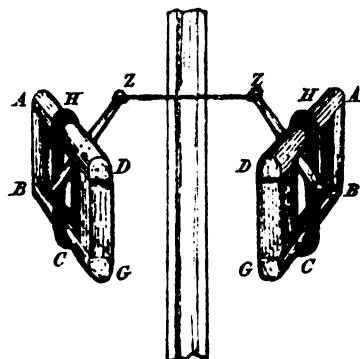
ἀμφοτέρα ἐνὶ περιπήγματι διὰ κανόνων,
ὥστε τοὺς ἀγκῶνας εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος
τὴν ἀνάπλωσιν καὶ τὴν βίαν ἔχειν,
ἐξήπλου ἐκ τῶν ἄκρων αὐτῶν τὴν τοξι-
τὴν νευρὰν, ἀγκύλας ποιήσαντες, καὶ
ταύτας τοῖς ἀγκῶσι περὶ νῆαις ἀπολα-
βόντες ταῖς ΕΟ, ΠΡ, ὥστε μὴ ἐκπί-
πλειν τὴν νευρὰν. Καὶ τὰ λοιπὰ τὰ
αὐτὰ ἐποιοῦν τοῖς προειρημένοις.

l'autre au moyen de moises, en un
commun assemblage, de sorte que les
bras eussent VERS L'EXTÉRIEUR LEUR BAT-
TEMENT ET LEUR EFFET BALISTIQUE¹⁸⁵. A
leur extrémité fut adaptée la corde ar-
chère, au moyen de boucles¹⁸⁴, retenues
par des broches telles que XO, PR,
montées sur l'about des battants, de
manière à bien retenir la corde archère.
Le reste de l'engin était conforme au
dispositif décrit plus haut [fig. 5].

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 83.

Fig. 5. — Double cadre névrotone primitif.



Définitions.

172. Ἐκάλουν δὲ τὰ μὲν συνέχοντα
τοὺς ἀγκῶνας νεῦρα, Τόνον· ἐνιοὶ δὲ,
Ἐνάτονον· ἐνιοὶ δὲ, Ἡμιτόνιον. Τὰ δὲ
ἐπιστρέφοντα τὸν τόνον ἀξόνια, Ἐπι-
ζυγίδας· Ἐποιοῦν δὲ αὐτὰς σιδηρεῖς.

172. Le faisceau élastique conjugué
aux battants fut appelé TON (Τόνος)¹⁸⁵.
Quelques ingénieurs l'appelaient HÉNA-
TON (Ἐνάτονος), quelques autres HÉ-
MITON (Ἡμιτόνιον)¹⁸⁶. Les tasseaux ser-
vant à produire la torsion s'appelaient
FREINS (Ἐπιζυγίδες). On les faisait de
fer.

Perfectionnement de l'appareil de bandage.

173. Ἐπεὶ δὲ συνέβαιεν ἐκ τῆς εἰρη-
μένης κατασκευῆς τὴν ἐπιστροφήν καὶ

173. Un pareil mécanisme limitait
nécessairement l'effet de torsion et de

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

πολὺ γίνεσθαι διὰ τοῦ ΑΔ, ΒΓ, δια-
πήγματος μὴ δυναμένου δέξασθαι τὸν
τόνον, τὰς οὖν ἐπιζυγίδας ἐπιθέντες τοῖς
τρυπήμασι, τὰ αὐτὰ ἐποιοῦν τοῖς εἰρη-
μένοισι. Καὶ οὕτω δὴ πάλιν ἡ ἐπιστροφή
τῆς ἐπιζυγίδος δυσεργεῖαν εἶχε, διὰ
[τὸ] τὴν ἐπιζυγίδα ἐπικαθεζομένην τῷ
διαπήγματι μὴ σιρέφεσθαι, καὶ κατὰ
πᾶν μέρος ψαύειν αὐτῷ· ὅθεν ἡναγκά-
σθησαν καὶ τὰς καλουμένας Χοινικίδας
προσθεῖναι, περὶ ὧν ἐξῆς ἐροῦμεν.

tension de l'organe *neurotone*. On re-
connut bientôt que les traverses *AD*,
BG, ne pouvaient pas recevoir un fais-
ceau de calibre indéfini. Sans rien
changer au reste du système, on ins-
talla les freins au-dessus d'ouvertures
[pratiquées dans les semelles *AD*, *BG*].
Mais la torsion par le frein n'en devint
pas plus efficace. Au contraire, le fro-
tement du frein sur le bois, au droit
des points d'appui, la rendait impos-
sible. Il fallut alors recourir aux Ba-
rilleTS (*Χοινικίδες*), dont nous parle-
rons tout à l'heure.

Poulies, mouffles, treuils, affût et appareil de pointage.

W. 84. 174. Τῆς οὖν τῶν ἀγκῶνων βίας
ισχυρᾶς γενομένης, δεῖ καὶ τὴν κατα-
γωγὴν ἰσχυρὰν γενέσθαι διὰ τὸ ἴσως
δεῖσθαι βίας πρὸς τὸ τοὺς ἀγκῶνας κα-
τάγεσθαι. Διὸ, κτλ.

174. La puissance balistique étant
ainsi assurée, il faut disposer de moyens
également énergiques pour entraîner
les battants¹⁸⁷ et armer la machine.
A cet effet, etc. etc.

L'auteur décrit ici plusieurs systèmes de poulies, mouffles et treuils, servant à bander la machine. Puis il donne le détail du support, pied ou AFFÛT (*Καρχήσιον*)¹⁸⁸ de l'engin, comprenant l'appareil de pointage, pour les modèles de gros calibres. La *χειροβαλλίστρα* étant un simple *gastraphète portatif*, ces diverses particularités seraient ici superflues¹⁸⁹. Notons seulement que l'auteur les expose avec toute la rigueur de son incomparable méthode, dont la traduction ci-dessus n'aura donné, je le crains, qu'une idée imparfaite.

Héron aborde ensuite le détail des deux systèmes fondamentaux, *Παλίντονον* (BALISTE), et *Εὐθύτονον* (CATAPULTE ou SCORPION *primitif*). On a vu plus haut que le *Παλίντονον*, à fibres tordues, a été créé le premier. L'auteur lui consacre la description suivante¹⁹⁰.

SYSTÈME ΠΑΛΙΝΤΟΝ.

175. Καὶ πρότερον ἐπὶ τοῦ Παλιντόνου [ἐροῦμεν]. Ἐπεὶ οὖν σύγκειται ἐκ τεσσάρων τοίχων, δύο τε τῶν ὀρθίων καὶ δύο τῶν πλαγίων ἐν οἷς τὰ τμήματά ἐσσι δι' ὧν ὁ τόνος διαβάλλεται, ἔτι τε τῶν ἐπικειμένων τοῖς πλαγίοις τοίχοις χοινικίδων, καὶ ἔτι τῶν Ἐπιζυγίδων περὶ ἃς ὁ τόνος καθάπτεται, ἐκάστου τῶν προειρημένων δεῖ τά τε ὀνόματα καὶ τὰ σχήματα ἐκθέσθαι.

Pieds-droits de flanc et de front.

176. Τῶν οὖν ὀρθῶν τοίχων ὁ μὲν καλεῖται Παρασίτης, ὃ προσαναπίπτει ὁ ἄγκων· ὁ δὲ ἕτερος Ἀντισιάτης, πρὸς ὃ ἐσὶν ἡ τοῦ ἀγκῶνος πτέρνα.

Pied-droit de flanc.

177. Ὁ μὲν οὖν παρασίτης γίνε-
ται τόνδε τὸν τρόπον·

Δεῖ λαβόντα σανίδα ἐξ εὐτόνου ξύλου, ὀρθογώνιον ἀπεργάσασθαι (ἔστω δὲ ἐφ' ἧς τὰ ΑΒΓΔ) καὶ ἐκ μὲν τῆς ΓΔ πλευρᾶς κατὰ τὸ μέσον κοίλασμα ποιεῖσαι καθάπερ ἡμικύκλιον ἐν τῷ πᾶχει αὐτῆς, ὑπὲρ τοῦ τοῦς ἀγκῶνας ἔτι μᾶλλον προσαναπίπτειν καὶ πλεον ἀλλήλων ἀπέχειν, ὥς τὸ ΕΖΗ χωροῦν τὸ τοῦ ἀγκῶνος πᾶχος· ἐν τούτῳ γὰρ ἀναπίπτει ὁ ἀγκών. Ἐκ δὲ τῆς ἐτέρας τὸ ἴσον τῇ ἐγκοπῇ κυρτὸν ἀπεργάζεται κατὰ τὰ αὐτὰ κείμενον τῷ κοίλῳ, οἷον ἐσὶ τὸ ΘΚΛ, ὅπως τὴν τῆς ΕΖΗ ἐγκοπῆς ἀσθένειαν ἐν τῷ ξύλῳ ἀναπλη-

175. Commençons par l'engin Παλιντόνον. Son bâti se compose [ai-je dit] de quatre madriers, deux verticaux et deux horizontaux. Ceux-ci présentent des évidements traversés par le faisceau du ton. En outre ils servent de siège aux barillets, ainsi qu'aux freins autour desquels s'enroule le faisceau.

Faisons connaître les noms et les formes de ces différentes pièces.

176. Des madriers verticaux, l'un s'appelle montant ou PIED-DROIT latéral ou DE FLANC (Παρασίτης)¹⁹¹, adjacent au bras abattu¹⁹². L'autre est le PIED-DROIT DE FRONT (Ἀντισιάτης)¹⁹³ adjacent au coude du battant¹⁹⁴.

177. Le pied-droit de flanc se trace de la manière suivante [fig. 6] :

On prend un madrier de bois dur, de forme rectangulaire, tel que *ABGD*. A mi-hauteur de la face *GD*, on découpe dans le corps du bois une gorge demi-circulaire, afin que les bras, en remontant, aient une amplitude de battement plus grande et s'écartent davantage l'un de l'autre¹⁹⁵. La gorge *EZH* correspond d'ailleurs à l'épaisseur du bras qui s'y loge à la fin du battement. Sur la face opposée, on ménage un renflement égal à la profondeur de la gorge et au même niveau, tel que *CKL*, afin de compenser l'affai-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

TH. 131.
KR. 216.
W. 91.

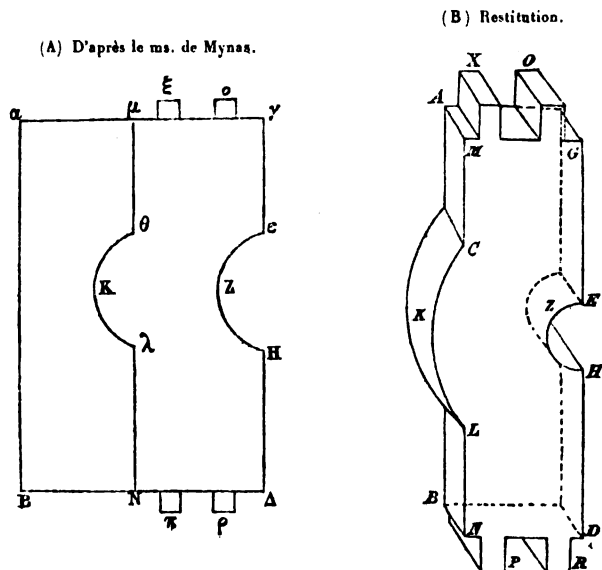
W. 92.

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ρώση ἢ ΘΚΛ κυρτότης. Τὰ δὲ ΜΘ, ΛΝ, ἀπευθύναι παράλληλα τοῖς ΔΗ, ΕΓ.

blissement causé au bois par l'entaille circulaire *EZH*¹⁹⁶. Les arêtes *MC* et *LN* sont, d'ailleurs, parallèles aux arêtes *DH* et *EG*.

Fig. 6. — Pied-droit de flanc du bâti névrotone.



Δεῖ δὲ καὶ ἐκ τοῦ πλῆθους τοῦ παρασιάτου καταλεῖψαι ἐξ ἑκατέρου μέρους διτορμίαν, οἷα ἐσὶν ἢ Ξ, Ο, καὶ ἢ Π, Ρ. Τὰς δὲ κτήδονας τοῦ ξύλου εἰς τὸ ὕψος τοῦ παρασιάτου ἐξ ἑκατέρου μέρους κατὰ τὴν ΜΘΚΛΝ γραμμὴν καὶ κατὰ τὴν ΓΕΖΗΔ [λεπίσι περιλαβεῖν] καὶ ἡλοῖς συγκοινῶσαι ταύτας· περιτιθέναι δὲ καὶ περὶ τὰς διτορμίας κατὰ τε τὴν ΜΛ καὶ κατὰ τὴν ΓΗ κυκλικὰς λεπίδας καὶ ὁμοίως ἡλοῖς συγκοινῶσαι, ὥπως πάντοθεν ὁ παρασιάτης συνδεδεμένος ὑπάρχῃ πολλὴν ὑπομένων κακοπάθειαν.

TH. 132.

KR. 218.

W. 93.

En outre, sur la longueur totale du pied-droit, il faut réserver, à chaque bout, celle de doubles tenons¹⁹⁷, tels que *X*, *O*, *P*, *R*. Puis, sur toute la hauteur de la pièce, de chaque côté, et suivant les contours *MCKLN* et *GEZHD*¹⁹⁸, il faut renforcer les fibres du bois avec des bandes de fer clouées sur la surface. Enfin, au pourtour des doubles tenons, dans la partie *ML* et *GH*, il faut également clouer avec soin des bandes de fer, afin que le pied-droit soit bien consolidé dans toutes ses parties, et puisse résister à une tension considérable.

Pied-droit de front.

178. Δεῖ δὲ καὶ τὸν Ἀντιστάτην τοῦ-
τω ἴσον ποιῆσαι, ἴσον μὲν ἔχοντα μῆ-
κος τῷ MN, πλάτος δὲ ἴσον τῷ ND, καὶ
ὁμοίως διτορμίας ἐξ ἑκατέρου μέρους οἷας
τὰς MN, ΓΔ ὀρθάς. Οὗτος δὲ οὐ λαμ-
βάνει οὔτε τὴν κοίλην οὔτε τὴν κυρτὴν
περιφέρειαν. Καὶ τοῦτον δὴ ὁμοίως ταῖς
λεπίσι περιλαμβάνοντας τοῖς ἡλοῖς δεῖ
συγκοινοῦν.

178. Pour le pied-droit de front,
mêmes précautions. Il a même lon-
gueur *MN* et même largeur *ND* que
l'autre. Comme lui, il porte à chaque
bout un double tenon *MN*, *GD*. Seu-
lement il ne présente ni gorge ni
renflement. De même que le pied-
droit de flanc, il doit être renforcé de
bandes métalliques, clouées sur tout
son pourtour.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Étrier.

179. Λαμβάνει δὲ οὗτος ὁ ἀντιστά-
της, ἐκ τοῦ ἐνὸς μέρους, χελώνιον, κατὰ
τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, πρὸς ἣν
ἐρείσας ὁ ἀγκὼν ἀναπαύεται· καλεῖται
δὲ Ὑποπτερνίς.

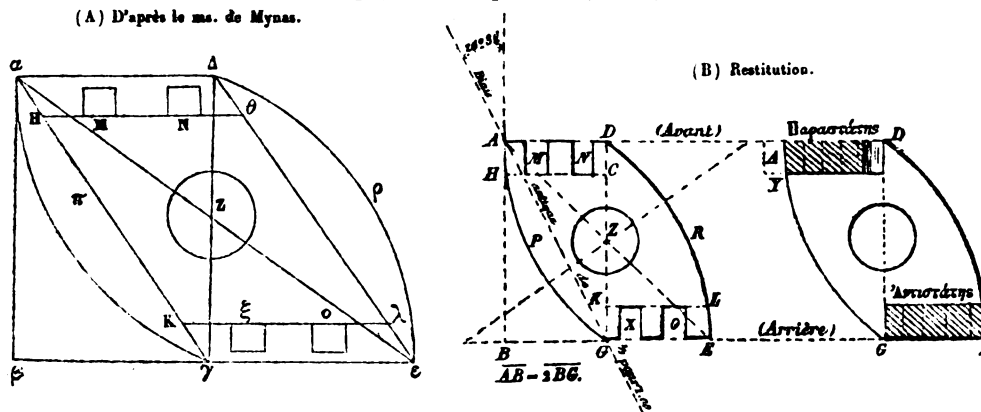
179. Le pied-droit de front reçoit en
outre, sur une de ses faces, un tasseau
destiné à soutenir le talon du battant,
qui vient s'y appuyer¹⁹⁹ à l'instant de
la détente. Ce support s'appelle ÉTRIER
(Ὑποπτερνίς, sous-talon).

Écussons.

180. Οἱ δὲ πλάγιοι τοῖχοι καλοῦν-
ται μὲν Περίτρητα· γίνονται δὲ τὸν
τρόπον τοῦτον.

180. Les tables horizontales du W. 94.
bâti s'appellent écussons (Περίτρητα)
[*Scutulæ* dans Vitruve]²⁰⁰. Les écussons
se tracent de la manière suivante :

Fig. 7. Écusson palintone (baliste).

TOME XXVI, 2^e partie.

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ἐγχεῖσθαι δεῖ παραλληλόγραμμον ὀρθογώνιον τὸ ΑΒΓΔ, διπλὴν ἔχον τὴν ΑΒ τῆς ΓΔ, καὶ ἐπιζευχθεῖσης τῆς ΑΓ, παράλληλον ἀγαγεῖν δέοι ταύτη διὰ τοῦ Δ τὴν ΔΕ, καὶ ἔσθαι τὸ σχῆμα τοῦ περιτρήτου τὸ ΑΓΕΔ· ἐπιζευχθεῖσης δὲ καὶ τῆς ΑΕ περὶ κέντρον τὸ Ζ, κύκλον γράψαι ἴσον τῷ τρήματι τῷ τὸν τόνον δεχομένῳ, καὶ διὰ τούτου τοῦ κύκλου ἐκκόψαι τὸ εἰρημένον τρήμα.

Ἀγαγόντα δὴ ταῖς ΑΔ, ΓΕ, παραλλήλους τὰς ΗΘ, ΚΛ, ἀπολαμβανούσας πρὸς τὰς ΑΔ, ΓΕ, πλάτη τὰ αὐτὰ τοῖς πάχεσι τοῦ παραστιάτου καὶ ἀντιστάτου, ἐκκόψαι τὰ τρήματα τοῖς τόρμοις ἀρά· ῥότα τοῦτε παραστιάτου καὶ τοῦ ἀντιστιάτου, τὰ Μ, Ν, Ξ, Ο, μὴ δι' ὅλου δὴ τοῦ πάχους τοῦ περιτρήτου, ἀλλὰ καταλείποντα τοῖς τορμικοῖς ὡς τὸ τρίτον μέρος τοῦ πάχους σφιερώματος καὶ εὐπρεπείας ἕνεκα.

Th. 133.

W. 95.
KR. 220.

181. Καὶ τὰ Περιτρήτα δὲ δεῖ ποιεῖν ἐξ εὐτόνου ξύλου, καὶ περιτιθέντας κύκλῳ κατὰ τὸ πᾶχος λεπίδας ἡλοις συγκοινοῦν, καθάπερ ἐπὶ τῶν παραστιάτων καὶ ἀντιστιάτων εἴρηται. Τοὺς δὲ ἡλους διὰ τῆς σφιερεᾶς φυλάσσομεν, ὥπως μήτε διὰ τοῦ τρήματος τοῦ τὸν τόνον δεχομένου, μήτε δι' ἐτέρου τῶν τρημάτων ἐν οἷς εἰσιν οἱ τόρμοι, οἱ ἡλοι διεκπίπτωσι πλάγιως διερχόμενοι· ἐπεὶ ἀσθενὴς αὐτῶν γίνεται ἡ καθήλωσις, τουτέστιν ἢ ἀπὸ τοῦ ξύλου κατοχή.

182. Τῶν δὲ ΑΓ, ΔΕ, πᾶχη οὐκ ἐπ' εὐθείας εἶναι δεῖ, ἀλλὰ περιφερείας, οἷαί εἰσιν αἱ ΑΠΓ, ΔΡΕ· καὶ αὗται δὲ σφιερώματος ἕνεκα τοῦ περιτρήτου. Γίνονται δὲ αἱ περιφέρειαι κύκλῳ οὔσαι.

Construire un parallélogramme rectangle *ABGD*, ayant le côté *AB* double de *BG*. Joindre *AG* et mener à cette diagonale, par le point *D*, une parallèle *DE*. La figure *AGDE* sera celle de l'écusson. Joindre ensuite *AE*. Du point *Z* comme centre, décrire un cercle égal au trou qui doit loger le faisceau; puis, suivant la circonférence, évider ledit trou²⁰¹.

Cela fait, mener les parallèles *HC* et *KL* aux arêtes *AD* et *GE*, à une distance égale aux épaisseurs respectives des pieds-droits de flanc et de front. Puis découper les entailles destinées aux tenons desdits pieds-droits, telles que *M, N, X, O*, non pas dans toute l'épaisseur du madrier, mais en laissant sur les entailles une partie pleine d'environ un tiers, en vue de la solidité et du bon aspect de l'assemblage.

181. Les écussons doivent être faits de bois dur, et recevoir, sur tout leur périmètre, des bandes de fer clouées dans l'épaisseur, comme on l'a dit pour les pieds-droits²⁰². Les clous doivent se limiter au corps du bois, de telle sorte que leurs pointes horizontales ne percent jamais jusqu'à la LUCARNE (Τρήμα, trou cylindrique) destinée au faisceau, ni jusqu'aux entailles servant de loge aux tenons. Au reste, la tenue de ces clous dépend surtout de celle du bois.

182. Quant aux joues *AG, DE*, elles ne sont pas rectilignes; mais, pour renforcer l'écusson, elles sont courbées, telles que *APG, DRE*; et le diamètre de leur courbure est triple de celui de

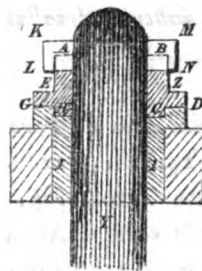
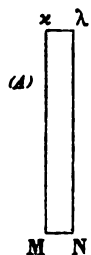
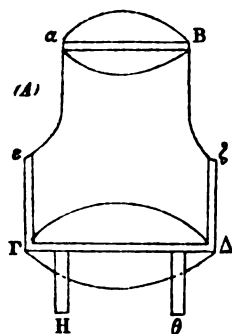
τηλικούτου οὖν διάμετρος ἡ τριπλασία
ἐστὶ τῆς διαμέτρου τοῦ τρήματος τοῦ
τὸν τόνον δεχομένου. Ἐπεὶ οὖν τὸ περι-
τρητον ἀσθενὲς ὑπάρχει διὰ τὸ πάντη
ἐκτετρηθῆναι, περιρῶνται σιδηρᾶς κανο-
νίδας περιτιθέναι αὐτοῖς, ἐγκειμένας
τοῖς τε παρασίταις, καὶ ἀντισίταις,
κειμένας δὲ κατὰ τὰς ΛΠΓ, ΔΡΕ, περι-
φερείας.

Barillets.

183. Ἡ δὲ Χοινικὶς γίνεται τόνδε τὸν
τρόπον.

183. Quant au BARILLET (Χοινι-
κίς)²⁰³, il s'exécute de la manière sui-
vante :

Fig. 8. Barillet et frein.



Ἐμβολέα δεῖ κατασκευάσαι ὅμοιον
τῷ ΑΒΓΔΕΖ ὑπογεγραμμένῳ, ἔχοντι
τὰς μὲν ΑΒΕΖ περιφερείας, τὰς δὲ
ΕΓΖΔ εὐθείας, τὴν δὲ ΑΒ ἴσην τῇ τοῦ
τρήματος διαμέτρῳ· καὶ πρὸς τοῦτον
ἐκτορνεύσασθαι τὴν χοινικίδα· ἐὰν μὲν
χαλκῇ μέλλῃ ὑπάρχειν, διαπλάσαντα
κύκλῳ χυτὴν ποιῆσαι ἀπ' ἐλατοῦ χάλ-
κοῦ, πᾶχος ποιοῦντα τὸ αὐτάρκες πρὸς
τὴν τοῦ ὀργάνου βίαν. Ἐπὶ δὲ τῶν μει-
ζόνων ὀργάνων, ἐὰν ξύλιναι γίνωνται,
τὰς κτηδονὰς τοῦ ξύλου εἰς τὸ ὕψος τῆς
χοινικίδος δεῖ ποιεῖν, καὶ περιτιθέναι

On façonne un mandrin, de la
forme ΑΒΓΔΕΖ ci-dessus. La partie
ΑΒΕΖ est courbée, et la partie ΕΓΖΔ
est droite [c.-à-d. plane]. La dimension
ΑΒ est égale au diamètre de la lucarne
(fig. 8). Sur ce mandrin, on tourne le
barillet. S'il doit être coulé en bronze,
on le moule en cylindre, d'un bronze
mou et d'une épaisseur suffisante pour
la solidité de la machine. Dans les
grands modèles, les barillets se cons-
truisent quelquefois en bois, avec la
précaution d'en placer le fil debout. W. 97.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 222.

ὁμοίως κατὰ τὴν ἄνω πλευρὰν τὴν AB καὶ κατὰ τὴν κάτω τὴν ΓΔ κύκλῳ λεπιδας, καὶ πάλιν ἥλοις συγκοινοῦν, καταλιπόντα ἐκ τῆς κάτω πλευρᾶς κύκλῳ τόρμους, ὁποῖοί εἰσιν οἱ H, Θ, ὥστε ἐμβαλεῖν αὐτὰς ἐν ὁπαῖς περὶ τὸ περιτρητον γινομέναις ἀντὶ τόρμων. Καὶ δι' ὅλου ἐντορνία γίνεται, καὶ εἰς τινα σωλῆνα ἐμπίπτει περὶ τὸ περιτρητον γινόμενον ἐν κύκλῳ πρὸς τὸ μὴ παραβαίνειν τὴν χοινικίδα τόπον ἐκ τόπου. Γίνεται δὲ ἔσθ' ὅτε ὑπόθεμα, τῇ χοινικίδι ἐπικείμενον καὶ συγκεκοινωμένον τῷ περιτρήτῳ, ἐν ᾧ ἔστιν ὁ εἰρημένος σωλήν. Τοῦτο δὲ γίνεται ἕνεκα τοῦ μὴ ἐκκοπῆναι τὸ περιτρητον ὑπὸ τοῦ σωλήνος καὶ ἀσθενὲς γένεσθαι.

184. Καλεῖται δὲ ἡ καταλειφθεῖσα ἐντορνία Τριβεύς. Ὄταν δὲ ἐντορνία ἀντὶ τόρμων καταλειφθῇ, ἐκ τῆς ἄνω πλευρᾶς τῆς κατὰ τὸ AB εὐθείας ἐκκοπαὶ γίνονται B κατὰ διάμετρον κείμεναι, ἐν αἷς ἔστι κατερχομένη ἡ καλουμένη Ἐπιζυγίς, κατὰ κρόταφον κειμένη. Αὕτη δὲ ἔσται σιδηρᾶ, ἐκ καθαροῦ σιδήρου γιγνομένη, καὶ τὰ ἐν τῇ χαλκείᾳ καλῶς τετελειωμένη, ὡς πᾶσαν ὑπομειοῦσα τὴν τοῦ ὀργάνου βίαν· περὶ γὰρ ταύτην ὁ τόνος καμπύλόμενος γίγνεται. Ἔσται δὲ ἡ αὕτη ὡς ἡ KAMN.

Montage du bâti.

185. Τούτων δὲ ἥδη διασεσαφηνισμένων, δεῖ συνθέντα τὸ ἡμιτόνιον ἐκ τοῦ [παρασλάτου] καὶ ἀντισλάτου τῶντε δύο περιτρήτων καὶ τῶν δύο χοινικίδων

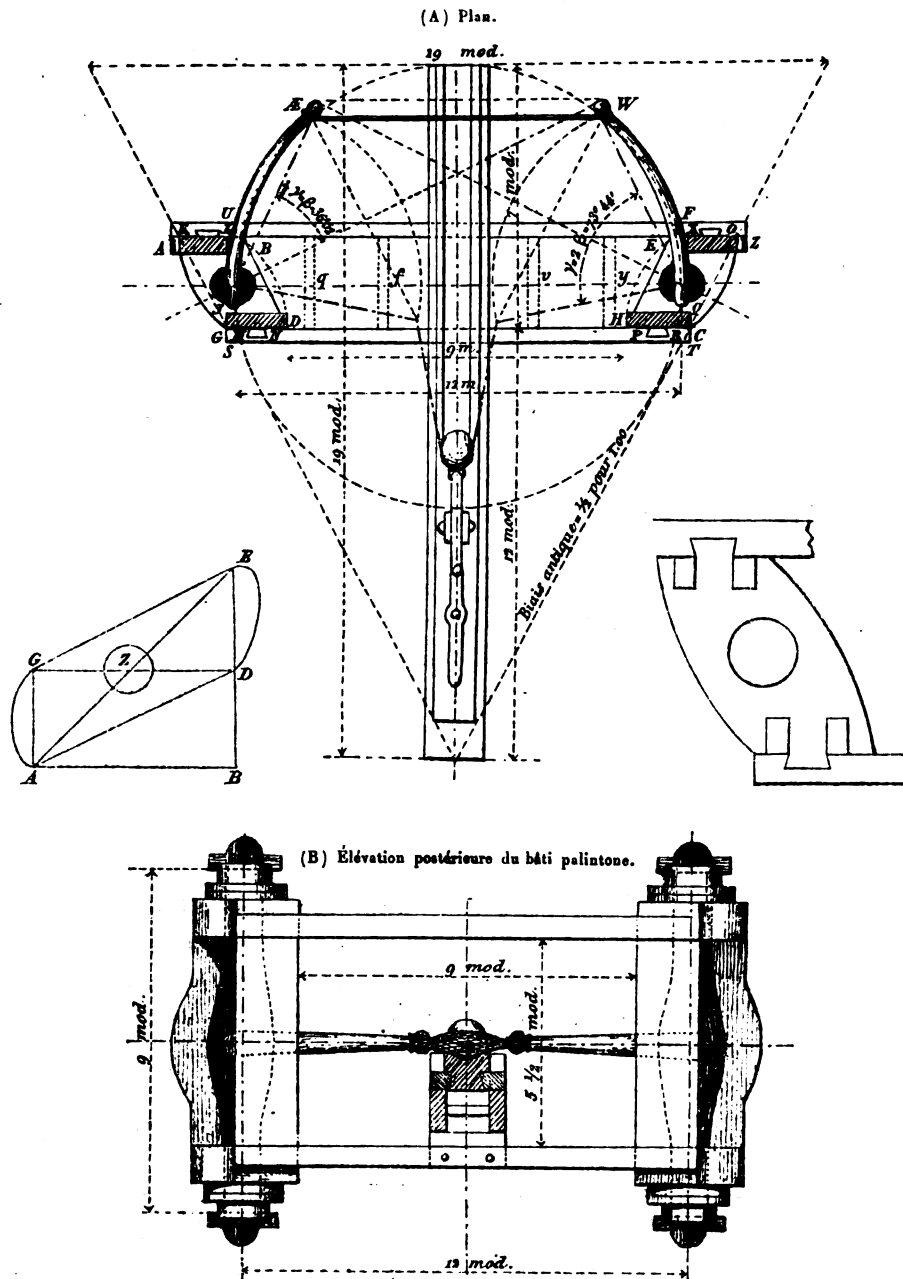
En outre, le bord supérieur AB, et le bord inférieur GD doivent être renforcés au moyen de colliers circulaires, fixés à l'aide de clous, et dont la face inférieure présente des tenons tels que H, C, distribués sur le pourtour, de manière à ajuster ces frettes dans des entailles ménagées, autour de la lucarne, en regard desdits tenons. On obtient ainsi un manchon cylindrique en forme de tuyau, et s'adaptant par son contour à la lucarne, de telle sorte que le barillet se trouve parfaitement assujetti. On ajoute parfois une SEMELLE (Ἐπόθεμα) joignant le barillet, mais fixée sur l'écusson et recevant le tuyau ci-dessus. Elle a pour objet de ne point entailler l'écusson, et ainsi de ne point l'affaiblir, en y logeant ledit tuyau.

184. Le manchon en question se nomme SOMMIER (Τριβεύς). Lorsqu'il est installé et ajusté par ses tenons, on pratique sur le dessus AB deux entailles diamétrales recevant la pièce appelée FREIN (Ἐπιζυγίς)²⁰⁴, qui s'y adapte de profil. Cette pièce, en fer doux soigneusement corroyé à la forge, est destinée à soutenir tout l'effort de l'engin. Autour du frein, en effet, s'enroule tout le faisceau. Soit KLMN cette pièce²⁰⁵.

185. Cela posé, il faut procéder au montage de l'hémiton, qui se compose des pieds-droits de flanc et de front, des deux écussons et de leurs barillets. On

Fig. 9. Épure du Palintone (baliste).

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 135. W. 99.

τὰς ἐπιζυγίδας ἐναρμόσαι, καὶ περὶ
μίαν αὐτῶν ἐξάψαντα τὴν μίαν ἀρχὴν
τοῦ τόνου, τὴν δὲ ἐτέραν διὰ τῶν τρη-
μάτων διεκβάλλοντα, μηρύεσθαι τὸν
τόνον, ὅπως πᾶς ὁ τῶν τρημάτων τόπος
πληρωθῇ τοῦ τόνου διαμεμηρυσμένου.
Δεῖ δὲ εὖ μάλα διεκτείνειν τὸν τόνον
διὰ τοῦ καλουμένου ἔντονιου, περὶ οὗ
τὴν κατασκευὴν ἐροῦμεν.

Ὅμοίως δεῖ κατὰ τὰ αὐτὰ ἐν τῷ ἐτέρῳ
ἡμιτονίῳ συνθεῖναι.

Νοείσθω οὖν ἐντεταμένα, ὡς εἴρηται,
τὰ δύο ἡμιτόνια, καὶ κείμενα ἐπὶ τινῶν
κανόνων, καὶ ἀφελώτα ἀπ' ἀλλήλων
μικρῷ μείζον διπλάσιον τὸ τοῦ ἐνὸς
ἀγκῶνος μῆκος. Νοείσθω δὲ τὰ κάτω
περίτρητα τῶν ἡμιτονίων τὰ ΑΒΓΔ,
ΕΖΗΘ, τόρμους ἔχοντα ἐξ αὐτῶν τοὺς
ΚΛ, ΜΝ, ΞΟ, ΠΡ, συνεχόμενα ὑπὸ
κανόνων ΣΤ, ΥΦ, ἐν οἷς εἰσιν οἱ τόρ-
μοι. Καὶ ἄνω δὲ τὰ αὐτὰ ἐπινοεῖν δεῖ.

installe les deux freins; puis, attachant
à l'un d'eux le bout du cordon névro-
tone, on introduit alternativement, à
travers les barillets, l'autre extrémité
du cordon, et l'on enroule ainsi l'éche-
veau, jusqu'à ce que la chambre des
barillets soit complètement garnie.
Pour plus de facilité, ce travail s'exé-
cute avec l'instrument appelé *TENDEUR*
(ἔντόνιον), dont nous donnerons la
description.

Même méthode de montage pour
l'autre hémiton.

Concevons donc les deux hémitons,
armés comme on vient de le dire, et
posés sur certaines pièces transversales,
À UNE DISTANCE L'UN DE L'AUTRE UN PEU
PLUS GRANDE QUE DEUX FOIS LA LONGUEUR
DE L'UN DES BATTANTS²⁰⁶. Concevons, en
outre, les écussons inférieurs *ABGD*,
EZHC, des hémitons, munis de tenons
saillants *KL*, *MN*, *XO*, *PR*, et conju-
gués l'un à l'autre par des moises *ST*,
UF, recevant les tenons. Supposons
même dispositif à la partie supérieure.

Trapèze.

KR. 224. 186. Οἱ δὲ κάτω κανόνες καὶ δια-
πήγμασι συνέχονται πλείοσιν, ὥσπερ
τοῖς Χ, Φ, Υ, Ω, καὶ ἐπὶ τὰδε δια-
πήγματα σανὶς ἐπιτίθεται ἀναπληροῦσα
πάντα τὸν μεταξὺ τῶν κανόνων τόπον.
Καλεῖται δὲ τὸ πῆγμα τὸ συγκείμενον
Th. 136. ἐκ τε τῶν κανόνων καὶ τῶν διαπηγμά-
W. 100. των καὶ τῆς σανίδος, Τράπεζα.

187. Οὕτως δὲ ταθέντων τῶν ἡμιτο-
νίων καὶ τῶν ἀγκῶνων εἰς τὸ ἐκτὸς ἀνα-
πεπιωκότων, τοῦ μὲν ἐν τῷ ΑΒΓΔ ἐπὶ

186. Les moises inférieures sont
elles-mêmes contreventées par des en-
tretoises telles que *q, f, v, y*, recouvertes
d'un plancher qui remplit tout l'espace
compris entre les moises. L'ensemble
des moises, entretoises et plancher, a
reçu le nom de *table* ou *TRAPÈZE* (Τρά-
πεζα)²⁰⁷.

187. Les hémitons une fois assem-
blés, comme il vient d'être dit, et LES
BRAS ORIENTÉS DE MANIÈRE À BATTRE VERS

τὰ πρὸς τὸ Υ ὥσπερ τοῦ ςΖ, τοῦ δὲ ἐν τῷ ΕΖΗΘ ἐπὶ τὰ πρὸς τὸ Φ ὥσπερ τοῦ ΧΖ, δεῖ τὴν τοξίτην νευρὰν κατὰγειν ὡς εἴρηται, καὶ ἐπιθέντα τὸ βέλος ἀποσχάζειν.

188. Ἡ δὲ Σύριγξ, ἐν ᾗ ἐστὶν ἡ διώσπρα καὶ τὸ χελώνιον καὶ ἡ χεῖρ, ἐπὶ μὲν τῶν Εὐθυτόνων Σύριγξ κέκληται, ἐπὶ δὲ τῶν Παλιντόνων Κλιμακίς, ἐπειδὴ περ πλεῖον πλάτος ἔχει καὶ διαπήγμασι συνέχεται πλείοσι, καθάπερ καὶ ἡ Τράπεζα.

L'EXTÉRIEUR²⁰⁸, celui de *ABGD*, tel que *JÆ*, étant orienté vers *U*, et celui de *EZHC*, tel que *QW*, étant orienté vers *F*, il reste à tirer en arrière la corde archère²⁰⁹, à poser le projectile et à lâcher la détente, comme on l'a dit plus haut.

188. La monture où se meut le tiroir avec sa gâchette et sa griffe, s'appelle COCLISSE (Σύριγξ) dans les *euthytones*, et ÉCHELETTE (Κλιμακίς) dans les *palintones*, à raison de sa largeur plus grande et des traverses d'assemblage qu'elle reçoit comme le trapèze.

Échelette.

189. L'auteur décrit ici l'échelette, formée de deux longerons maintenus parallèles par des entretoises. Sur le dessus des longerons sont cloués des tasseaux ou bandes longitudinales, entre lesquelles se meut le tiroir. L'échelette se relie aux hémitons par des contrefiches. J'indique sommairement ces particularités, qui n'ont qu'un rapport indirect avec la χειροδαλλίσπρα.

Torsion des faisceaux.

190. Ὅλον δὲ τὸ ἐκ πάντων συντεθὲν ὄργανον ἐπιτίθεται ἐπὶ τὴν βάσιν. Καλεῖται δὲ Πτέρυξ αὐτὸ τὸ ὄργανον ὅλον. Λαμβάνει δὲ καὶ τὰ ἡμιτόνια ἀντηρείδας, ὧν τὰ μὲν ἄκρα ἐν τῇ κλιμακίδι ἐρήρεισται...

191. Διαβληθέντων δὲ τῶν ἀγκῶνων διὰ μέσων τῶν τόνων, δεῖ ἐπιστρέφειν τὰς χοινικίδας μόχλῳ σιδηρῷ κρίκον ἔχοντι, εἰς ὃν ἐμβάλλεται ἡ τῆς ἐπιζυγίδος ὑπεροχή, ὅπως οἱ ἀγκῶνες τὴν ἀνάπλωσιν ἔχωσι τὴν εἰρημένην. Δεῖ

190. L'ensemble de la machine ci-dessus, continue Héron, se monte ensuite sur l'affût. On lui donne le nom d'OISEAU (Πτέρυξ, aile). Les hémitons sont d'ailleurs armés de contrefiches, dont les pieds s'appuient sur l'échelette...

191. Les bras étant logés au centre des faisceaux, la torsion s'effectue à l'aide d'un levier de fer muni d'un collet, s'ajustant sur la tête du frein, DANS LE SENS PERMETTANT DE DONNER AUX BRAS LE BATTEMENT INDIQUÉ PLUS HAUT²¹⁰.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 137.
KR. 103-104.

W. 102.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δὲ ἐκτείνειν τὴν τοξίτην νευρὰν οὕτως, ὥστε τοὺς ἀγκῶνας βραχὺ ἀπέχειν ἀπὸ τῶν παραστιάτων, ὅπως μὴ συγκρουόμενοι θραύωνται καὶ θραύωσιν.

Du reste, il faut tendre la corde archère, de manière à ce que les bras touchent presque les pieds-droits de flanc, sans pouvoir les frapper ni s'y briser eux-mêmes, à l'instant de la détente.

Armatures métalliques.

192. Suivent diverses recommandations ayant trait aux armatures métalliques, pour la consolidation du système. L'auteur termine par cette remarque :

W. 103. 193. Τὰ δὲ περὶ τρητα ῥερόμεσθαι ἐνεκεν τοῦ τῶν ἀγκῶνων ἄκρα τὴν τοξίτην δεχόμενα πλεῖον ἀπ' ἀλλήλων ἀπέχειν. Οὐ μὴν ἀλλὰ καὶ οἱ παραστιάται ἐξεκόπησαν τὰς εἰρημένους κοιλασίας τῆς αὐτῆς αἰτίας ἐνεκεν. Καὶ τὰ μὲν ἐπὶ τῶν Παλιντόνων ἐπὶ τοσοῦτον εἰρήσθω.

193. Quant aux écussons, on les découpe en parallélogrammes (ῥερόμεσθαι), afin que les extrémités des battants, reliées par la corde archère, PUISSENT S'ÉCARTER D'AVANTAGE L'UNE DE L'AUTRE²¹¹. D'ailleurs, les gorges ménagées dans les pieds-droits de flanc concourent au même but. Je m'en tiens à ce qui précède, sur les engins *palintones*.

SYSTÈME EΥΘΥΤΟΝΟΝ.

W. 104. 194. Τὰ δὲ Εὐθύτονα τὰ μὲν ἅλλα πάντα τὰ αὐτὰ ἔχει τῷ παλιντόνῳ, πλὴν ὅτι τὰ δύο ἡμιτόνια εἰς ἓν πλινθίον σύγκειται, ἀπέχοντα ἀλλήλων τὸ τῆς διώστροφας πλάτος· δι' ὃ δὴ οὔτε τράπεζαν, οὔτε τοὺς ἄνω κανόνας, οὔτε τὰς ἀντηρείδας λαμβάνει. Γίγνεται δὲ τὰ κάτω δύο περὶ τρητα ἐξ ἑνὸς ξύλου, καὶ ὁμοίως τὰ ἄνω.

194. Le système de l'Εὐθύτονον est le même que celui du Παλίντονον²¹². Seulement, les deux hémitons y sont fondus en un seul bâti, n'étant séparés que par la largeur du tiroir²¹³. Il n'y a donc ni trapèze, ni moises supérieures, ni contrefiches. Les deux écussons du bas sont d'une seule pièce, et de même les deux du haut.

Tracé des tables.

195. Συλλογισάμενος δὴ τὰ τε πᾶσι τῶν παραστιάτων καὶ τῶν μεσοστιάτων (οὓς δὴ ἀντιστάτας ἐπὶ τῶν παλιντόνων ἐκαλοῦμεν), καὶ ἔτι τὰς τῶν τρημάτων

195. Faisant donc la somme des pieds-droits latéraux et intermédiaires (Μεσοστιάται, appelés pieds-droits de front dans les παλίντονα)²¹⁴, des dia-

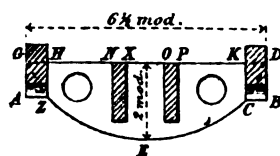
διαμέτρους, καὶ τὸ τῆς διώστροφας πλάτος (ὃ δὴ μεταξύ ἐστὶ τῶν μεσοστίλων), ἔκθου ἐπὶ σανίδος τηλικαύτην εὐθεΐαν τὴν AB , καὶ ταύτῃ πρὸς ὀρθὰς ἀγαγὼν τὰς AG , BD , ὧν ἑκάτερα ἴση ἐστὶ τῇ τοῦ τμήματος διαμέτρῳ ἢ καὶ μικρῷ μείζων, περιγράψον μὲν περιφέρειαν κύκλου διὰ τῶν G , D , τὴν $ΓΕΔ$ · καὶ ἐστί σοι τὸ $ΓΖΕΘΔ$ σχῆμα τὸ κάτω μέρος τοῦ περιτρήτου ἐν τῷ Εὐθυτόνῳ τῷ συγκεκμημένῳ ἐκ τῶν δύο περιτρήτων.

mètres des lucarnes [ou MODULES] et de largeur du tiroir (intervalle des pieds-droits du milieu); puis, traçant sur une planche une droite AB égale à cette somme, on mènera à la droite deux perpendiculaires AG et BD , dont chacune égale ou excède à peine le module. Si, par les points G et D , on fait passer l'arc de cercle GED , on obtiendra ainsi le tracé de l'arête postérieure $GZCED$ de la table²¹⁵ de l'Euthytone, formé par les deux écussons réunis [fig. 10].

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
KR. 228.

Th. 138.
W. 105.

Fig. 10. Table de l'Euthytone (Catapulte ou Oxybèle).



196. Ἀπολαβὼν οὖν τὰς AZ , $ΘB$, ἴσας τῷ πλάτει τοῦ παραστίλου, καὶ ἀγαγὼν πρὸς ὀρθὰς ἐν τῇ σανίδι τῇ AB τὰς ZH , $ΘK$, περιγράψον τὰ τμήματα τὰ δεχόμενα τὸν τόνον, τὰ $Λ$, $Μ$, μικρὸν ἀπέχοντα ἀπὸ τῶν ZH , $ΘK$ · εἴτα ἐφεξῆς θεῖς τὰ πλάτη τῶν μεσοστίλων τὰ $ΝΞ$, $ΟΠ$, παράγαγε πρὸς ὀρθὰς τῇ AB , καὶ ἐστί τὸ μεταξύ τῶν $ΞΟ$, τὸ πλάτος τῆς διώστροφας.

196. Maintenant, si l'on prend les longueurs AZ , CB , égales à l'épaisseur des pieds-droits latéraux, et si l'on trace sur la planchette ZH et CK perpendiculaires à AB , on pourra décrire les LUCARNES L et M ou chambres des faisceaux, qui toucheront presque les lignes ZH et CK . Puis, comptant à la suite les épaisseurs NX , OP , des pieds-droits intermédiaires, on disposera ceux-ci à angle droit avec AB , et l'intervalle XO sera la largeur du tiroir.

Montage de l'euthytone.

197. Δεῖ οὖν καὶ ἄλλο κατασκευάσαι ὁμοίον σχῆμα τῷ εἰρημένῳ, ὅπερ μετὰ τὸ παγῆναι τοὺς παραστίλους καὶ τοὺς μεσοστίλους, δηλονότι τὸρμων γινομένων, ἐπάνω ἐπιτιθέμεν· καὶ λοιπὸν

197. On trace une seconde figure identique, pour la table supérieure, qui s'assemble, par des tenons, avec les pieds-droits latéraux et intermédiaires. Le surplus, faisceaux de nerfs, baril-

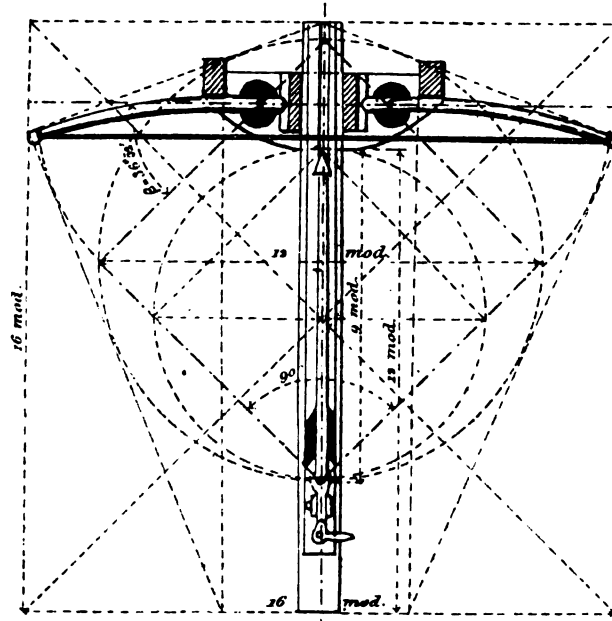
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

βάλλοντες τὰ νευρὰ καὶ τὰς χοινικίδας καὶ τὰ λοιπὰ τὰ ἄνω εἰρημένα, βάλλοντες δὲ καὶ τοὺς ἀγκῶνας, ἔχομεν ἐν ἐνὶ πλινθίῳ συνεσφαλμένα πολλὰ μέρη τοῦ ὀργάνου. Οἱ δὲ ἀγκῶνες τίθενται, ὡς οἱ TP, ΥΣ, ἀναπεπλυνότες πρὸς τοῖς παρασίταις.

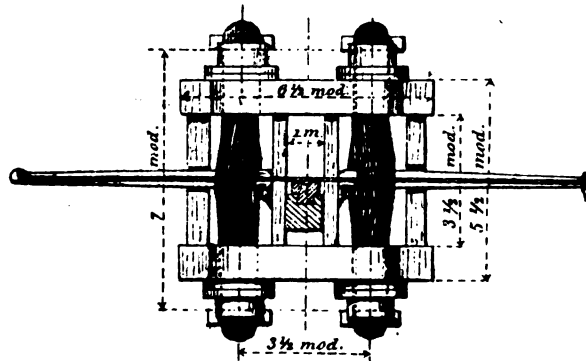
lets, etc., s'exécute comme il a été dit. Enfin l'installation des bras complète, en un seul bâti, la presque totalité de l'engin. Ces bras, tels que *TR* et *US*, battent en remontant, tout près des pieds-droits latéraux de la cage²¹⁶.

Fig. 11. Épure de l'Euthytone (Catapulte).

(A) Plan d'ensemble (abstraction faite du treuil de bandage.)



(B) Élévation arrière.



• *Tendeurs, faisceaux et corde archère.*

198. L'auteur passe ensuite au TENDEUR (Ἐντόνιον), servant à effectuer le montage des faisceaux névrotones; puis il aborde la fabrication des cordons, formés de tendons ou fibres, ou de cheveux²¹⁷. Il indique, en passant, que la corde archère de l'Euthytone est remplacée, dans le Palintone, par une bande, CEINTURE OU EMBRASSE (Ζώνη), entourant la moitié postérieure de la pierre, et retenue, lorsque la machine est armée, par un crochet ou doigt unique, engagé dans une boucle ménagée à l'arrière de la ceinture.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 141.
KR. 232.
W. 110.
KR. 234.
W. 111.

Module.

199. Héron expose ensuite la méthode de calcul du MODULE OU CALIBRE (Τρῆμα), mesuré au *diamètre des lucarnes*, dans les deux systèmes : *unité fondamentale* de toutes les autres dimensions.

W. 113.

L'auteur énonce les deux règles suivantes :

1° Dans l'Eὐθύτονον, le module égale le neuvième de la longueur du trait²¹⁸.

Th. 142.
W. 113-114.

2° Dans le Παλίντονον, on multiplie par 100 le poids de la pierre exprimé en mines. La racine cubique du produit, augmentée de son dixième, exprime en doigts le module²¹⁹.

Duplication du cube.

200. Le traité de la Bélopée se termine par l'exposé d'une solution graphique du problème de la *duplication du cube*, si célèbre dans l'antiquité²²⁰, et servant ici pour calculer l'échelle de proportion de deux machines dont les boulets ont leurs poids dans un rapport déterminé.

Th. 143.
KR. 236.
W. 114-119.

Les règles indiquées par Héron d'Alexandrie sont confirmées par Philon de Byzance et par Vitruve²²¹.

Dimensions des machines de jet.

201. Les figures 12 et 14, données plus haut, sont les épures du

10.

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

Παλίντονον et de l'Εὐθύτονον, construites d'après certains principes que mettra en pleine lumière la restitution graphique de la χειροβαλλίστρα. Pour le moment je dois seulement indiquer les principales proportions des deux types névrotones, au point de vue de la comparaison de leurs effets balistiques.

Les détails suivants sont empruntés au livre IV (Βελοποιϊκῶν) de Philon de Byzance²²².

Th. 53. 202. Ἡ δὲ τοῦ τρήματος διάμετρος
KR. 250. μέτρον ἐστὶ πᾶντων τῶν κατὰ μέρος
ὑπαρχόντων ἐν τῷ ὀργάνῳ.

202. Le diamètre des lucarnes, dit le savant contemporain d'Héron, sert de module pour toutes les autres proportions du type.

ΠΑΛΙΝΤΟΝΑ (BALISTES, LITHOBOLES OU PIERRIERS).

203. Οἷον τὸ μὲν Περίτρητον ἐκ μέσου μετρούμενον μῆκος λαμβάνει τρημάτων δύο καὶ ἡμισυ καὶ τέταρτον, τὸ δὲ ὕψος διαμέτρου μιᾶς.

203. Ainsi l'écusson, mesuré en son milieu, a une longueur de $2 \frac{1}{4}$ modules²²³. Sa hauteur est de 1 module²²⁴.

204. Ἡ δὲ Χοινικὶς μῆκος μὲν ἔχει διαμέτρων δύο, τὸ δὲ πλάτος ἴσον τῷ τοῦ Περιτρήτου πλάτει, τὸ δὲ ὕψος διαιρεθείσης τῆς διαμέτρου εἰς μέρη τέσσαρα, τούτων τὰ τρία.

204. Le barillet a deux modules de long. Sa largeur est égale à celle de l'écusson. Sa saillie supérieure est de $\frac{1}{4}$ de module²²⁵.

205. Καὶ τὸ τοῦ Τριβέως πᾶχος διαμέτρου μέρος πεμπλόν.

205. L'épaisseur du sommier (Τριβέως) est de $\frac{1}{5}$ de module²²⁶.

206. Παρασλάτου δὲ ὕψος γίγνεται χωρὶς τόρμων διαμέτρων Ἐ καὶ ἡμισυ, πλάτος δὲ διαμέτρου μιᾶς καὶ τρίτον μέρος καὶ ἔτι τέταρτον, πᾶχος δὲ διαμέτρου ἡμισυ καὶ ζ' καὶ ἔτι τῷ ἑκαταδκάτῳ μέρει ἔλασσον.

206. Le pied-droit de flanc a $5 \frac{1}{4}$ modules de hauteur, sans compter les tenons²²⁷. Sa largeur est de $1 \frac{7}{12}$ de module, et son épaisseur de $\frac{2}{3}$ de module.

207. Ὑποθέματος τοῦ ὑπὸ τοῦ Περιτρήτου ὕψος διαμέτρου μέρος τέταρτον.

207. Le support engagé dans l'écusson fait saillie de $\frac{1}{4}$ de module.

208. Ὡστε τὸ πᾶν τοῦ Ἡμιτονίου ὕψος συναγόμενον γίγνεται χωρὶς ἐπιζυγίδων διαμέτρων ἐννέα... Τῆς δὲ Ἐπιζυγίδος τὸ μὲν πᾶχος ἀρκεῖν γενόμενον

208. Par suite, la hauteur totale de l'hémiton, mesurée entre les freins²²⁸, est de 9 modules. Quant au frein, l'épaisseur la plus convenable est $\frac{1}{4}$ de

τοῦ πέμπλου μέρους τῆς διαμέτρου, τὸ δὲ πλάτος διπλάσιον τοῦ πάχους.

209. Τοῦ δὲ Ἀγκῶνος μῆκος συμμετρότατον ἔφασαν εἶναι διαμέτρων 5' γινόμενον.

210. Τὸ δὲ πλάτος αὐτοῦ ποιεῖν ἡμισυ διαμέτρου, καὶ πάχος τὸ ἴσον.

211. Τὸ δὲ τῆς Νευρᾶς μῆκος διπλάσιον καὶ ἔτι δεκατημορίῳ τοῦ ἀγκῶνος μήκους πλέον.

212. Τῆς δὲ Τραπεζῆς τὸ μῆκος διαμέτρων ἑννέα, τὴν δὲ σανίδα τὴν ἐν τραπέζῃ τὸ πάχος ἀρκεῖν ἔχουσιν διαμέτρου τὸ ὅγδοον μέρος, τὰ δὲ ἐπιπήγματα τῆς τραπέζης ποιεῖν πλάτος καὶ πάχος ἔχοντα τῆς κλιμακίδος.

213. Τῶν δὲ κανόνων τὸ μὲν μῆκος ἀρμόζον τοῖς Ἡμιτονίοις, πλάτος δὲ διαμέτρου ἡμισυ, προσλιθέντα ἔτι καὶ τὸ ὀκτωκαιδέκατον μέρος, πάχος δὲ διαμέτρου ἡμισυ, ἀπολείπον τῷ ὀκτωκαιδέκατῳ μέρει.

214. Τῆς δὲ Κλιμακίδος τὸ ἰσλὸν εὐαρμολεῖν μάλιστα ἔφασαν δέκα καὶ ἑννέα διαμέτρων γενόμενον, καὶ πλάτος τὸ ἐντὸς διαμέτρου μιᾶς καὶ ἔτι πέμπλου μέρους· τοῖς δὲ σκέλεσιν αὐτῆς πλάτος μὲν διδόναι διαμέτρου τέταρτον μέρος, ὕψος δὲ ὅλης διαμέτρου.

215. Καὶ διαπήγματα ἐμβάλλειν τιθέντα διὰ τεσσάρων διαμέτρων, πλάτος ἔχοντα τῆς διαμέτρου τὸ τρίτον μέρος, πάχος δὲ ἕκτον μέρος.

216. Ποιεῖν δὲ τὰ Πτερύγια, δι' ὧν τὸ Χελώνιον ἄγεται, μῆκος μὲν ἔχοντα τὸ ἴσον τῇ Κλιμακίδι, πλάτος δὲ διαμέτρου τέταρτον μέρος, πάχος δὲ ὀκτωκαιδέκατον μέρος τῆς διαμέτρου.

module, sur une largeur double de l'épaisseur ²²⁹.

209. Pour le *battant*, on recommande la longueur de 6 modules, comme la plus pratique ²³⁰.

210. La largeur et l'épaisseur du *battant* sont de $\frac{1}{2}$ module.

211. La longueur de la corde excède de $\frac{1}{10}$ le double de la longueur du *battant* ²³¹.

212. La longueur du *trapèze* est de 9 modules ²³². L'épaisseur du *plancher* qui le recouvre est de $\frac{1}{2}$ de module. Les *entretoises* ont même largeur et épaisseur que celles de l'*échelle*.

213. Les *moises* longitudinales qui relient les *hémitons* ont de largeur $\frac{2}{3}$, et d'épaisseur $\frac{1}{2}$ de module.

214. L'*échelle* a, dit-on, en bonne proportion, 19 modules de longueur. Sa largeur, en dedans, est de $1\frac{1}{2}$ module. Ses *longerons* ont de largeur $\frac{1}{2}$ de module et de hauteur 1 module.

215. Les *entretoises* sont espacées de 4 modules. Elles ont $\frac{1}{2}$ de module de large, et $\frac{1}{2}$ de module d'épaisseur.

216. Les *rebords* (Πτερύγια, *glissières*) ²³³, entre lesquels se meut la *tortue* (Χελώνιον, *culasse*) ont même longueur que l'*échelle*. Leur longueur est de $\frac{1}{2}$ de module, et leur épaisseur de $\frac{1}{10}$.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Tb. 54.

KR. 252.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

217. Καὶ Χελωνίου μήκος μὲν ποιεῖν σύμμετρον, πλάτος δὲ ἀρμοστόν τῇ κλιμακίδι.

Καὶ τῶν μὲν ξυλίνων τὰ μέτρα ταῖς εἰρημέναις ἀναλογίαις λαμβάνοντας μὴ διαμαρτεῖν.

218. Σιδήρου δὲ ἔφασαν εἰργασμένου λαμβανεῖν τὸ ὁρθῶς δοθὲν ὄργανον συνθέντες ἐπιζυγίσαι καὶ τοῖς ὑποθέμασι περὶ εἴκοσι καὶ ἑνέντε σιαθμοὺς πρὸς τὸν λίθον.

219. Τὸ δὲ τοῦ Τόνου πλῆθος μὴ ὀρισμένον εἶναι· δεῖ μέντοι ἐπιμελῶς ἐξαρτᾶν καὶ ὡς πλεῖστον πειρωμένους ἐμβάλλειν, ὡς οὐ μικρὰς παρὰ τοῦτο γιγνόμενης διαφορᾶς· εἶχε δὲ ἂν συμμετρως μάλιστα περὶ ΚΕ' γινόμενον σιαθμοὺς πρὸς τὸν λίθον...

Καὶ τὰ μὲν Λιθοβολικὰ τῶν ὀργάνων ἔλεγον δεῖν τούτῳ τῷ τρόπῳ συνίστασθαι.

Εἴθῳτωνα (oxybèles ou catapultes).

Th. 55. 220. Τὰ δὲ Ὀξυβελῆ, καθότι μέλλομεν δηλοῦν· ὑποσλήσάμενον ἑαυτῷ μήκος πηλίκον βούλει τὸ τοῦ βέλους, δαλεῖν αὐτὸ εἰς ἐννέα μέρη, καὶ ἐνὸς ποιεῖν τὴν τοῦ τρήματος διάμετρον· τῇ δὲ διαμέτρῳ πάλιν καὶ ἐπὶ τούτων μέτρῳ χρῆσθαι πρὸς πάντα τὰ κατὰ μέρος ἐν τῷ ὀργάνῳ γιγνόμενα.

221. Καὶ τὸ μὲν Περίτρητον ποιεῖν μήκος ἔχον διαμέτρων 5C, πλάτος δὲ ἐκ μέσου μετρούμενον διαμέτρων δύο, ἐκ δὲ τῶν ἄκρων διαμέτρου μιᾶς καὶ ἡμισείας, πλάτος τρήματος ἐνός.

222. Τοὺς δὲ Παραστιάτας μήκος μὲν ἔχοντας ποιεῖν χωρὶς τὸρμων τρη-

217. La tortue doit être de même longueur que l'échelette, et sa largeur doit résulter de celle de cette dernière.

En se conformant, pour les bois, aux proportions ci-dessus, on évitera toute erreur.

218. Quant au fer forgé, une machine bien faite doit en recevoir, tant pour les freins que pour les armatures, environ vingt-cinq fois le poids du boulet de pierre²⁵⁴.

219. L'abondance du faisceau n'est pas limitée²⁵⁵. Il faut toutefois l'installer avec précaution, tout en cherchant à en introduire le plus possible. Il peut en résulter une différence notable. La meilleure proportion est de vingt-cinq fois le poids de la pierre²⁵⁶...

Telles sont, pour les pierriers²⁵⁷, les proportions à suivre en pratique.

220. Le module de l'engin à projectile aigu se calcule au neuvième de la longueur que l'on veut assigner au trait. Cette quantité sert de base à toutes les autres dimensions du système.

221. La table a 6 $\frac{1}{2}$ modules de longueur. Sa largeur, mesurée au milieu, est de 2 modules, et aux extrémités de 1 $\frac{1}{2}$ module. Son épaisseur est de 1 module.

222. Les pieds-droits latéraux ont de longueur 3 $\frac{1}{2}$ modules, non compris

μάτων ΓC', πάχος δὲ ἡμίσιους τρήματος καὶ ἔτι ὀγδόου.

223. Τοὺς δὲ Μεσοσίάτας μῆκος ἔχοντας ἴσον τῷ Παρασίᾳ, πλάτος δὲ οἷον AC' διαμέτρου, πάχος δὲ τρήματος Δ δ' καὶ ὀγδοῦν.

224. Τοὺς δὲ Ἀγκῶνας ποιεῖν διαμέτρων ἑπτα· τῆς δὲ Σύργης τὸ μῆκος δεῖ εὐαρμόττειν IC' μάλιστα γιγνόμενον διαμέτρων.

Καὶ περὶ μὲν τῶν συντάξεων ἐπὶ τοσοῦτον εἰρήσθω.

les tenons, et d'épaisseur $\frac{1}{2}$ de module.

223. Les *pieds-droits* du milieu ont même longueur que les précédents, $1 \frac{1}{2}$ module de largeur, et $\frac{1}{2}$ module d'épaisseur.

224. Les *bras* doivent avoir 7 modules de longueur²³⁸. Quant à la *monture* (coulisse) la longueur la mieux proportionnée est de 16 modules.

Je m'en tiens à ces données sur les proportions des machines.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

CHAPITRE TROISIÈME.

DISTINCTION TECHNIQUE ENTRE LE ΠΑΛΙΝΤΟΝΟΝ ET L'ΕΥΘΥΤΟΝΟΝ.

DÉFINITIONS, D'APRÈS LES Βελοποιϊκά.

225. Dans la traduction, donnée au chapitre précédent, des détails de la Bélopée concernant le Παλίντονον et l'Ευθύτονον, j'ai annoté les passages²³⁹ qui autorisent à placer les *battants* du Palintone *sur l'avant* de l'engin. J'ai démontré que l'expression εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος, du côté extérieur, employée trois ou quatre fois par Héron et confirmée par Philon et Vitruve, possède, dans les Βελοποιϊκά, une signification très-précise, dont l'auteur lui-même fait remarquer l'importance. J'en ai conclu que le caractère distinctif du Παλίντονον consiste dans la *convergence* des battants *vers l'avant* de la volée.

226. D'un autre côté, le tracé des *écussons biaux*, restitué pour la première fois d'après la Bélopée, et appuyé sur la comparaison d'une autre méthode, également rétablie d'après Philon de Byzance, est venu confirmer, par le dispositif de l'épure résultante, l'hypothèse du *battement extérieur*²⁴⁰. J'en ai déduit immédiatement l'explication de la largeur donnée à l'embrasure, de la figure et même du nom technique du trapèze, enfin de la longueur considérable de la corde, attestée

par Héron et par Philon. La concordance de ces divers détails a pleinement démontré la justesse de l'hypothèse²¹¹.

INTERPRÉTATIONS ANTÉRIEURES.

227. Voici maintenant, d'après M. de Reffye, la définition du système palintone, consignée par P. Mérimée dans son compte rendu au *Moniteur universel* (9 novembre 1867), de la *Poliorecétique* de M. C. Wescher.

« Dans l'*Euthytone*, dit Mérimée, le machiniste tire à soi, au moyen
« d'un treuil, la corde de l'arc jusqu'à ce que les écheveaux aient reçu
« une torsion suffisante. Cette corde présente alors la forme d'un V, et,
« dans son angle rentrant, on placera sans peine une flèche; mais le
« même angle sera peu propre à recevoir un autre projectile, une
« pierre, par exemple.

« Maintenant, si l'on suppose que les bras de l'arc sont engagés dans
« les écheveaux du côté opposé aux châssis, c'est-à-dire *du côté où est*
« *le but qu'on vise*, pour donner le mouvement de torsion aux éche-
« veaux, en un mot, pour bander la machine, il faudra que la corde
« passe à l'intérieur du châssis entre les deux écheveaux, et que les
« deux extrémités de l'arc se rapprochent. Alors la corde prendra la
« forme d'un U allongé, dont le fond arrondi reçoit convenablement
« une pierre ou un boulet. Héron compare à une ceinture la corde des
« machines *palintones*.

Plus loin : « La catapulte *palintone* a été ainsi nommée, ajoute Mé-
« rimée, parce qu'elle a les bras de son arc *dans le sens opposé des autres*
« *machines*, absolument comme l'arc *palintone*, dans l'état de repos, a
« ses extrémités dirigées du côté opposé à la tension²⁴².

228. Vraie en elle-même, cette explication ne répond pas suffisamment à toute la rigueur technique des termes *παλίντονον* et *εὐθύτονον*. Ils ont, en effet, une signification géométrique précise, absolue, qui n'a point encore été définie; si naturelle d'ailleurs, au point de vue théorique, qu'elle doit dater de l'invention même des machines de jet. La distinction générique entre l'*Εὐθύτονον* et le *Παλίντονον*

révèle, chez l'ingénieur qui l'a conçue, une haute portée d'esprit géométrique, qui justifierait la conjecture en vertu de laquelle, comme on l'a vu plus haut, les *Βελοποιικά* d'Héron seraient peut-être un traité d'Archimède. On en jugera tout à l'heure.

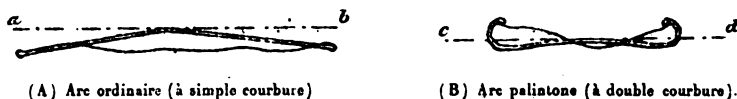
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ARCS PRIMITIFS.

229. Dans le langage courant, *εὐθύτονος* est presque inusité²⁴³. Pindare l'applique au tracé *rectiligne* du stade olympique²⁴⁴, et le scholiaste l'explique par *ἀκαμπής*, sans courbure. Au contraire, *παλίντονος* se trouve beaucoup plus fréquent, plus ancien et plus précis. On le rencontre plusieurs fois dans Homère et dans Hérodote, comme épithète de l'arc à main. Or l'exactitude bien connue de ces deux grands témoins de l'histoire autorise à penser que le terme *παλίντονα τόξα* n'est point par eux employé au hasard²⁴⁵. Qu'est-ce donc que l'arc *palintone*?

230. Dans sa *Poliorcétique des anciens*²⁴⁶, Dureau de la Malle reproduit les figures ci-dessous de deux arcs égyptiens, d'après des bas-reliefs de la plus haute antiquité. Le premier est un arc circulaire, le second est un arc à double courbure.

Fig. 12. Arcs primitifs.



(A) Arc ordinaire (à simple courbure)

(B) Arc palintone (à double courbure).

231. Si l'on imagine une tangente *ab* au premier arc en son milieu, c'est-à-dire passant par la main de l'archer, cette ligne droite figure la position que prendrait le bois de l'instrument, s'il pouvait librement se redresser à l'instant du tir.

C'est vers cette position que l'arc tend à revenir en lançant le trait, et il y tend *directement*.

232. Dans le second arc, au contraire, la tangente *cd* menée par la main de l'archer, laisse à l'avant les deux cornes ou branches recourbées. Plus longues que celles de l'arc circulaire, ces branches

sont susceptibles d'une flexion plus notable. L'extrémité libre d'un corps élastique soutenu à l'autre extrémité fléchit à proportion de la longueur du corps, quel que soit le profil longitudinal. L'*arc à double courbure* comporte donc plus de course et par suite plus de puissance que l'arc simple.

233. Un pareil arc étant bandé, les pointes *m*, *n*, de ses cornes tendent à se rapprocher de l'axe idéal *cd*. Lorsque le trait part, elles s'en écartent brusquement. Elles subissent une sorte de *recul*²⁴⁷.

C'est ce *mouvement de recul*, par rapport à la droite idéale traversant la main de l'archer, qui est caractérisé par le terme *παλίντονον*.

De même, c'est la *tendance directe* vers cette droite idéale qui justifie l'épithète *εὐθύτονον* applicable à l'arc circulaire.

Ces deux termes techniques reposent donc simplement au fond sur des distinctions cinématiques, dont le sens bien éclairci venge Homère et Hérodote du reproche d'ignorance, lancé contre eux par de présomptueux critiques.

DEFINITIONS GÉOMÉTRIQUES DES ENGINS Παλίντονον ET Εὐθύτονον.

234. Entre les machines de la Bélopée, la distinction à établir se montre plus nette encore, à ce qu'il semble, qu'entre les deux formes antiques de l'arc. La ligne idéale, considérée plus haut comme repère fixe des deux battements, fait place, dans les engins à faisceaux de fibres tordues, au *plan d'axe des pivots névrotones*, c'est-à-dire au *plan médian* transversal de l'embrasure. A l'instant du tir, *les bras de l'εὐθύτονον* SE RAPPROCHENT de ce *plan*; ceux du *παλίντονον*, au contraire, S'EN ÉCARTENT.

235. La signification intime du terme *παλίντονον* ressort du passage, jusqu'ici incompris, de Tertullien, cité plus haut dans l'Introduction historique, à propos du scorpion²⁴⁸ : « *Machinam bellicam RE-TRACTU tela vegetantem de scorpio nominant. Retractu* rend ici l'idée de *παλίντονον* avec une grande exactitude. Le scorpion, nommé depuis *manubaliste*, n'était déjà plus, au temps de Tertullien, une variété de l'*euthytone*, comme l'indique l'auteur de la Bélopée. A tous les

points de vue, surtout pour les engins portatifs ou roulants, le type *παλίντονον* fut de bonne heure reconnu le seul convenable. Les petits calibres de ce système, témoin la *χειροβαλλίστρα*, conservaient pourtant la *monture* de l'*euthytone*. En un mot, le *scorpion* fut un système mixte, à corps *euthytone* et à battants *palintones*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DE L'INCLINAISON DU JET.

236. Pour compléter la théorie ci-dessus, je dois rappeler l'assimilation, tentée par plusieurs interprètes, entre les machines *euthytones* et les bouches à feu modernes à *tir rasant*, et entre les *palintones* et les mortiers à *tir plongeant ou parabolique*²⁴⁹.

Cette assimilation est complètement insoutenable.

237. Dans les engins *névrotones*, la vitesse du projectile était loin d'égaliser celle que la poudre imprime aux balles et boulets modernes. Dufour a déduit d'expériences pratiques des tables de tir applicables aux engins de la Bèlopie. Il a trouvé qu'une *baliste*²⁵⁰ (que par erreur il déclare *euthytone*) lançait à 402 mètres environ, sous l'angle de 45 degrés, un poids de 30 kilos, avec une vitesse initiale de 62^m.80; de même qu'un *scorpion*²⁵¹ (*euthytone* selon le savant officier) lançait à 222^m.60, sous l'angle de 15 degrés, un trait de 500 grammes, avec une vitesse initiale de 66^m.10. Or Lombard²⁵² assigne des vitesses initiales de 207 et 272 mètres aux mortiers de 27 et 32 centimètres, tirant à 45 degrés. Les canons de 12 et de 8, chargés *au tiers* du poids du boulet, admettent les vitesses initiales de 546 et 551 mètres²⁵³. Enfin la vitesse initiale d'une balle de chassepot est de 450 mètres.

238. Ces chiffres donnent la mesure de la supériorité des armes à feu sur l'antique système des faisceaux tordus. Même à longue portée, les meilleurs engins gréco-romains compensaient leur faible vitesse initiale par le relèvement de l'angle du jet. Le tir incliné constituait donc, dans l'artillerie des anciens, un principe permanent et nécessaire. Les simples archers, on l'a vu plus haut²⁵⁴, lançaient leurs flèches, dans certains cas, par-dessus plusieurs files de combattants. Ils tiraient au juger, mais on peut croire qu'ils s'y montraient habiles.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

239. Au surplus on a vu, par de nombreux passages de la Bêlopée, que la manœuvre des engins s'exprime par des termes impliquant la POSITION INCLINÉE de la monture. Philon de Byzance, comme Héron d'Alexandrie, appliquent ces termes, indistinctement, à l'*euthytone* comme au *palintone*²⁵⁵. Les anciens n'ont donc jamais songé à distinguer chaque système d'après l'inclinaison plus ou moins grande de la volée. Cette base eût été trop incertaine. Toute leur nomenclature repose, au contraire, sur des faits observés sans la moindre arrière-pensée de subtilité technique.

COMPARAISON BALISTIQUE ENTRE LE Παλίπτονον ET L'Εὐθύπτονον.

240. Il serait intéressant d'établir la théorie dynamique complète des deux systèmes. Cela m'écarterait du cadre du présent travail. Je n'ai à consigner ici que le fait de la supériorité balistique, à module égal, du *palintone* sur l'*euthytone*, de la *baliste* sur la *catapulte*.

FORMULES FONDAMENTALES.

241. Dans son *Mémoire sur l'artillerie des anciens*, Dufour rend compte de ses recherches pratiques sur les éléments de tir applicables aux engins névrotones.

Il part de la formule suivante²⁵⁶ :

$$(1) \quad P = m \frac{\theta d^3}{cR}$$

dans laquelle :

c est la longueur du faisceau entre ses points d'appui sur les freins,

d , le diamètre du faisceau ou le *module*;

θ , l'angle de torsion décrit par le battant d'essai;

R , le bras de levier de ce battant;

m , un coefficient particulier;

P , l'effort qui fait équilibre à la torsion, au bout du levier R .

242. L'auteur observe ensuite que le faisceau, mis au bandé par l'effort P , se trouve lui-même à un certain degré de tension t , par

unité de section transversale, dont l'influence sur l'effet de torsion est évidente. Par suite, la formule (1) devient²⁵⁷ :

$$(2) \quad P = mt \frac{\theta d^4}{cR}$$

Mais la tension t des brins *sous torsion* diffère essentiellement de la tension *primitive*, que l'on peut représenter par p . Admettant que t est une fonction de p , il reste à déterminer, avec cette fonction, le coefficient numérique m de l'équation (2).

M. Dufour a trouvé²⁵⁸ :

$$(3) \quad t = pn \left(\frac{\theta - 10}{10} \right)$$

avec

$$(4) \quad n = 1.12957, \text{ soit } n = 1.13$$

et

$$(5) \quad m = 0.08$$

L'équation (2) devient alors

$$(6) \quad P = 0.08 \times n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) \times \frac{\theta d^4}{cR}$$

243. L'auteur calcule ensuite²⁵⁹ les valeurs de P correspondantes aux diverses grandeurs de l'angle de torsion θ et de la tension primitive p . L'expérience lui a montré²⁶⁰ qu'une trop forte torsion est nuisible, et qu'il convient de ne pas dépasser 100 ou 120 degrés. Toutefois ses tables sont calculées de 10 en 10 degrés jusqu'à 180 degrés, pour une tension primitive de 5 kilos par centimètre carré. M. Dufour donne séparément²⁶¹ la table des valeurs

$$(7) \quad y = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right)$$

calculées de 10 en 10 degrés jusqu'à 180 degrés.

244. Nous ne suivons pas le savant officier dans les applications qu'il fait de ses formules aux divers engins antiques. Il confond l'*euthytone* avec le *palintone*²⁶², et donne aux deux systèmes le même battement latéral, en arrière de la cage. En outre, il applique à faux les

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

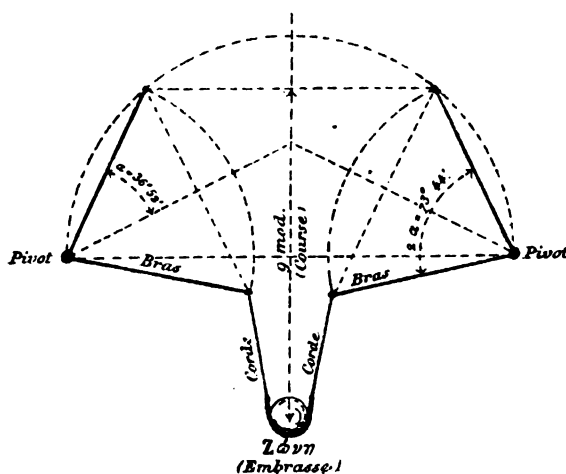
dimensions techniques données par le livre IV de Philon²⁶³. Il en résulte que les vitesses initiales signalées plus haut²⁶⁴, d'après M. Dufour, ne sont pas d'une rigoureuse exactitude.

Il s'agit d'appliquer les formules ci-dessus avec toute la précision actuellement possible.

ENGIN PALINTONE.

245. Dans ce système, l'angle total de torsion²⁶⁵ est de $73^{\circ} 44'$.

Fig. 13. Épure balistique du Palintone.



Soit $73^{\circ} \frac{3}{4}$. Pour cette valeur de θ , la table de M. Dufour (p. 66) donne

$$(8) \quad y = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) = 2.178$$

Posant, en outre, dans l'équation (6)

$$\theta = 73^{\circ} \frac{3}{4} \quad c = 9.80 d \quad \text{et} \quad R = 5d$$

on obtient

$$(9) \quad P = 0.08 p \times 2.178 \times \frac{73 \frac{3}{4} d^4}{5d \times 9.80 d} = \frac{12.85}{49.00} p d^2 = 0.26 p d^2$$

Au bandé, la corde du Παλιντονον, autrement dit les branches de l'U allongé formé par cette corde, sont presque parallèles à l'axe du tir.

La valeur précédente de P représente donc pratiquement la moitié de la force balistique maxima. On aura donc pour celle-ci :

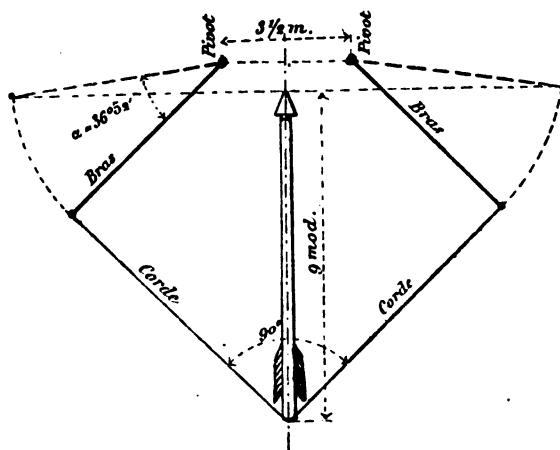
$$(10) \quad \Phi = 2P = 2 \times 0.26 \, pd^2 = 0.52 \, pd^2$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ENGIN EUTHYTONE.

246. Dans l'*Euthytone*, l'angle θ du battement n'est que de $36^\circ 52'$, moitié de celui du *Palintone*.

Fig. 14. Épure balistique de l'Euthytone.



On en déduit (table de Dufour, p. 66) :

$$(11) \quad \gamma = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) = 1.39$$

Posant d'ailleurs, dans l'équation (6),

$$\theta = 36^\circ \frac{86}{100} \quad c = 7.80 \, d \quad R = 6 \, d$$

On trouve

$$(12) \quad P = 0.08 \times 1.39 \times \frac{36.86}{7.80d \times 6d} \frac{d^4}{46.80} \, pd^2 = 0.116 \, pd^2$$

Et comme, au bandé, les branches du V formé par la corde de l'eu-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

thytone font avec l'axe du tir un angle de 45 degrés, la composante de P, favorable au jet, sera

$$(13) \quad P' = 0.116 pd^2 \cos 45^\circ = 0.116 \times 0.707 pd^2 = 0.082 pd^2.$$

L'autre bras donnant un effet identique, on aura pour la force balistique maxima

$$(14) \quad \Phi' = 2P' = 2 \times 0.082 pd^2 = 0.164 pd^2$$

En comparant ce résultat avec la valeur analogue du *palintone*, on trouve, entre les *forces balistiques*, le rapport pratique

$$(15) \quad \frac{\Phi}{\Phi'} = \frac{0.520}{0.164} = 3 \frac{1}{5} \text{ environ.}$$

Ainsi, à égalité de module d et de tension primitive p des brins du faisceau, la force initiale du Παλίντονον dépasse le triple de celle de l'Εὐθύτονον.

247. Maintenant, si l'on considère que la course de détente est de 9 modules dans les deux systèmes; mais que, durant une bonne partie de cette course, la corde du *Palintone* ne fait pas de biais sensible avec l'axe du tir, tandis que ce biais dépasse toujours 45 degrés dans l'*Euthytone*, on peut conclure que l'effet utile du *Palintone* est au moins quadruple de celui de l'*Euthytone*, à égalité de module et de tension initiale²⁶⁶.

248. M. Dufour observe²⁶⁷ que, dans l'*Euthytone*, la tension initiale p pouvait être plus forte que dans le *Palintone*. Il la fixe à 30 kilogr. par centimètre carré dans le premier système, et à 25 kilogr. dans le second²⁶⁸. Pratiquement, il serait téméraire, à ce point de vue, d'affirmer que la puissance du *Palintone* fût quadruple de celle de l'*Euthytone*. Il y aurait d'intéressants calculs à faire sur la question ci-dessus, ainsi que pour la détermination de tous les effets du tir des engins névrotones. Je les réserve pour le travail d'ensemble que je me propose de rédiger sur l'*Artillerie des anciens*. Actuellement je dois me borner aux considérations susceptibles d'apporter quelque lumière nouvelle à la restitution de la χειροβαλλίστρα.

CHAPITRE QUATRIÈME.

ORIGINE DES ENGINS À RESSORTS MÉTALLIQUES.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DÉFAUTS PRATIQUES DU SYSTÈME NÉVROTONE.

249. Les engins à pivots *névrotone*, si exactement décrits par Héron d'Alexandrie et par Philon de Byzance, étaient loin, à notre point de vue moderne, de constituer des modèles irréprochables. Mais il ne faut pas croire que les anciens, de leur côté, fussent très-convaincus de la perfection du système. Au contraire, ils en connaissaient jusqu'aux moindres défauts; et nous devons à Philon de Byzance la discussion complète des imperfections, des vices même de ces machines.

LE LIVRE IV DE PHILON DE BYZANCE.

Sous le titre de Βελοποιϊκῶν λόγος Δ' ²⁶⁹, Philon a rédigé, en forme de lettre à Ariston, personnage inconnu, une remarquable histoire des progrès réalisés de son temps dans l'artillerie hellénique. Il commence par décrire, en praticien consommé, les précautions à suivre pour la bonne exécution des engins névrotone. Il signale avec vivacité et critique avec une sagacité merveilleuse les inconvénients nombreux du système. Il fait connaître les améliorations qu'il y a lui-même introduites, entre autres la méthode de bandage des faisceaux à l'aide d'un coin, substituée à la torsion par rotation des barillets. Insistant sur l'insuffisance des fibres tordues, il démontre la supériorité du métal, du bronze essayé par Ctésibius, en remplacement du système névrotone. Racontant ensuite les expériences de son illustre prédécesseur, il en fait ressortir les défauts. Il termine par la description du modèle qu'il a personnellement produit de la machine à *ressorts de bronze*, de l'engin dit χαλκότονον, précurseur de la χειροβαλλίστρα.

250. La valeur historique du livre IV de Philon est considérable. L'enchaînement des détails y est rigoureusement exact. La filiation

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

des progrès racontés par lui est manifeste. On peut contester à Philon la justesse de quelques-uns de ses jugements théoriques²⁷⁰. Mais on ne peut qu'admirer sa bonne foi, dans le récit qu'il apporte d'inventions antérieures à la sienne, et qu'il surpasse sans les éclipses. Au surplus, il se montre partout si épris de son art, que son emphase même n'émousse jamais chez lui le sens du vrai. Son livre est le spécimen vivant de l'industrie antique, au milieu de ses préoccupations savantes, de sa pratique réfléchie. Rien n'est laissé au hasard par un esprit de cette nature. Tel apparaît Philon de Byzance, une des illustrations les plus brillantes du monde technique, au II^e siècle avant l'ère chrétienne.

251. MM. Köchly et Rüstow ont traduit l'opuscule de Philon de Byzance à la suite des *Βελοποιικά* d'Héron d'Alexandrie²⁷¹. Leur texte est celui de Thévenot, corrigé par conjecture, sans remonter aux manuscrits. Une réédition de l'ouvrage eût mérité la place d'honneur dans la *Poliorcétique des Grecs*, de M. Wescher, dont les cent vingt dernières pages sont consacrées à des fragments dépourvus de toute valeur technique²⁷². Le regret que j'exprime, à l'égard du livre IV, s'applique également au livre V de l'illustre ingénieur de Byzance.

DISCUSSION DU SYSTÈME NÉVROTONE.

252. Comme dans la Bêlopée, je n'emprunterai, du livre IV de Philon, que les passages utiles à la restitution de la *χειροβαλλίστρα*.

Calibre limité des faisceaux.

Th. 56. Κρίνω δὲ ἀναγκαῖον εἶναι, μέλλων
KR. 258. ἐκφέρειν τὸν ἀπολογισμὸν περὶ τοῦ
γένους καὶ τῆς κατασκευῆς τῶν ἰδίων
ὀργάνων, πρότερον προενέγκασθαι τὰ
ἐν τοῖς ἀρχαίοις ὄντα δύσχρηστα καὶ
ἀσθενῆ, καὶ δυσεργία μὲν οὐ τὴν τυ-
χοῦσαν ἐπὶ τῆς κατασκευῆς παρέχοντα
δυσκολίαν δὲ μεγάλην ἐπὶ τῆς ἐξαρτή-
σεως. Διὸ συμβαίνει τὴν μὲν κατασκευὴν
αὐτῶν γίγνεσθαι κακόπαθόν τε καὶ πο-

Avant de montrer toute la supériorité, théorique et pratique, de mes propres machines, je crois nécessaire, dit Philon, de mettre en lumière les imperfections, les points faibles des anciennes : d'une part, le manque de vigueur inhérent au système; d'autre part, la difficulté pratique du montage. De là vient, en effet, que l'exécution de ces machines est compliquée, cou-

λυδάπανον, ἐν δὲ ταῖς ἐπειγούσαις
χρεαίαις εὐτελεῖ φαίνεσθαι, διὰ τὸ μὴ
δύνασθαι συνεχῆ τὸν τόνον ὑπομένειν.
Τοῦτο δὲ οὐκ ἀλόγως δοκεῖ μοι συμβαί-
νειν.

Ἐπει γὰρ τὸν μακροβόλῃν μέλλοντα
δεῖ πειρᾶσθαι τόνον ὡς πλεῖστον ἐμ-
βάλλειν, — τὴν γὰρ δύναμιν οὐ μόνον
ἡμεῖς ἐν τούτῳ μάλιστα νομιζομεν εἶναι,
καὶ οἱ ἄλλοι δὲ πάντες, — ὁ δὲ τόνος
διὰ τῶν τρημάτων διεκπίπτει τῶν τοῦ
περιτρήτου, τὸν οὖν μέλλοντα πλείονα
τόνον ἐμβάλλειν ἀναγκαῖον ἔσται μεί-
ζονα τρήματα τὰ τοῦ περιτρήτου ποιεῖν,
— ἄλλως γὰρ οὐ χωρήσει τόνον πλεῖω,
— ὥστε λεπτὰς παντελῶς καὶ περιε-
χούσας ὀφρῦς καταλειπομένας εὐλόγως
ἀσθενεῖς γίνεσθαι. Τὸ μὲν γὰρ περί-
τρητον ποιῆσαι πλατύτερον οὐ δυνατόν·
περικδήσεται γὰρ τὴν τοῦ μεγέθους
σύνταξιν.

Διὸ πειρῶνται σιδηρᾶς κανονίδας
ὑποτιθέναι· λεπτῶν δὲ καὶ τῶν κανονί-
δων διὰ τὸν τόνον καὶ ἀσθενῶν γινομέ-
νων, τεινομένων τῶν τόνων ἐν ταῖς
συνεχέσιν ἀγωγαῖς, συμβαίνει κάμψιν
αὐτῶν λαμβανουσῶν εὐκόπως τὸν ὑπε-
ράνω τόπον τοῦ περιτρήτου συντρίβε-
σθαι.

253. Ἐτι δὲ τῶν τόρμων αἱ ἀνατρή-
σεις αἱ τῶν παραστάτων καὶ μεσοστα-
τῶν γινόμεναι παρ' αὐτὰ τὰ κενώματα
τῶν κύκλων οὐ μικρὰν ἀσθένειαν παρ-
έχουσι. Πρὸς δὲ τούτοις τὰ τρυπήματα
τῶν συγκοινωνιμάτων πυκνὰ καὶ πλάγια
διεκπίπτοντα καὶ γινόμενα παραλληλα

teuse, et que, dans les cas pressants,
elles se trouvent tout à fait insuffisantes,
par l'impossibilité de fournir un service
soutenu. Et je m'en explique aisément
les raisons.

Veut-on, par exemple, en vue d'aug-
menter la portée, renforcer au maxi-
mum le faisceau élastique? J'admets,
et tous les ingénieurs sont de mon avis,
que c'est là, en effet, le moyen le plus
efficace. Or la grosseur du faisceau
dépend de l'ouverture des lucarnes.
Pour renforcer le faisceau, il faut donc
élargir les lucarnes : autrement, point
de place pour le supplément du fais-
ceau. Par suite, les rebords²⁷³ conser-
vés au pourtour des chambres cylin-
driques seront amincis au point de
perdre toute solidité. Aussi bien il est
impossible de faire les écussons plus
larges, sans rompre la proportion ap-
propriée à leur longueur²⁷⁴.

On essaye, j'en conviens, de les ren-
forcer par-dessous à l'aide de bandes
de fer. Mais ces pièces, réduites elles-
mêmes à l'espace disponible, ne sont
d'aucun secours. Lorsque le faisceau
fonctionne en manœuvre soutenue, on
les voit bientôt se courber, et amener
la rupture de la portion de l'écusson
qui les recouvre.

253. D'un autre côté, les entailles
ménagées à l'aplomb²⁷⁵ des tenons des
pieds-droits latéraux et intermédiaires
se trouvent très-rapprochées des lu-
carnes. C'est là encore une cause d'affai-
blissement sensible. D'ailleurs les évi-
dements exigés par les assemblages sont

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 57.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

τοῖς κενώμασι σαθρὸν ποιεῖ τὸ ἔργον·
μικραῖς γὰρ παντελῶς συνέχεται τὰ
ὅλα τοῦ ξύλου κουραῖς. Διδὸν πολλὰ τῶν
περιτρήτων οὐδὲ τὸν τῆς κατασκευῆς
ὑπομείναντα πόνον συνετρίβη.

254. Λάβε γὰρ περίτρητον πρὸ
ὀφθαλμῶν, κεχωρισμένον τοῦ πλινθίου
καὶ μήπω συνηλόμενον, μηδὲ κεκοσμη-
μένον, ποίαν τινὰ σοι τὴν ὕψιν ἀπο-
δώσει, κεκενωμένον καὶ διαυγαζόμενον
πάντοθεν καὶ καταπεπυκνωμένον τοῖς
περιέχουσι τοὺς κύκλους τρήμασι· θεω-
ρεῖ δὲ προσεπιλελογισμένος, ἡλικίην
αὐτὸ δεῖ βίαν ὑπομένειν· οὕτω γὰρ εὖ-
καταφρόνητον φανεῖται σοι τὸ σχῆμα.

Insuffisance des armatures.

255. Ὅθεν ἀσθενοῦς ὄντος τοῦ σχή-
ματος διὰ τὰ προειρημένα πειρῶνται
ψαλλίδας σιδηρᾶς περὶ τοὺς κροτάφους
περικάμπιοντες συνηλοῦν, καὶ τοῖς ὑπο-
θέμασι, καθὼς λέγω, χρῆσθαι, καὶ τὰς
πλινθίδας τὰς ὑπὸ τὰς χοινικίδας σίε-
ρωτέρας ὑποτιθέναι, καὶ τοιούτοις τισὶν
ἀνασώζειν παραβοηθήμασι, δαπάνην
ἔχουσιν ἱκανὴν καὶ χρόνου πολλῆς ἐν
τῇ κατασκευῇ συχνόν. Τούτων ὑπαρ-
χόντων τοιούτων, λάβωμεν πάλιν τὰ
περὶ τὴν ἐξάρτυσιν αὐτοῖς συναντῶντα
δύσχησιν.

Complication du jeu des tendeurs.

256. Πρῶτον μὲν γὰρ συμβαίνει τὴν
ἐντασιν πολυχρόνιον γίνεσθαι τοῦ τό-

presque contigus, et disposés latérale-
ment dans le sens parallèle aux lu-
carnes. Tout cela contribue à affaiblir la
machine. Elle s'appuie, pour ainsi dire,
sur des copeaux de bois. Aussi, nombre
d'écussons, incapables de résister, se
brisent même pendant le montage.

254. Considérez un écusson, isolé
du bâti et en dehors de tout assem-
blage, de tout ornement accessoire²⁷⁶.
Quel pauvre aspect il présente, avec
ses évidements percés à jour de tous
côtés, et ses entailles multipliées au
pourtour des lucarnes! De bonne foi,
je vous prie, quelle résistance peut-il
fournir? Vous aurez bien raison de le
juger ridicule.

255. Pour remédier à cette faiblesse,
inhérente aux exigences de la forme
en question, on essaye, il est vrai, de
renforcer l'écusson, en clouant au pour-
tour des bandes de fer ployé, ainsi que
des fourrures fixées par-dessous, comme
je l'ai indiqué. On cherche également
à faire reposer les barillets sur des
sommiers plus forts et à consolider le
système par d'autres moyens analogues.
Mais ces moyens sont très-coûteux,
et leur application prend beaucoup de
temps. C'est pourquoi je veux examiner
une à une les difficultés pratiques que
présente le montage de ces machines.

256. Et d'abord, l'installation du
faisceau n'est rien moins qu'expédi-

νου σίραγαλουμένου διὰ τὸ καθ' ἑν
 μὲν κῶλον αὐτοῦ τείνεσθαι, καὶ καθ'
 ἐκάστην δὲ τάσιν ὅλον διὰ τῶν χοινικί-
 δων διεκμηρύεσθαι, περὶ τε τὰς ἀπο-
 λήψεις κακοπαθεῖν αὐτὸν καὶ περὶ τοὺς
 ὑνίσκους τοὺς τοῦ Ἐντονίου πιεζόμε-
 νον καὶ θραυόμενον διόλου. Πρὸς δὲ
 τούτοις τὴν ἔντασιν τῶν ὀργάνων μὴ
 δυνατὸν δι' ἑαυτῶν εἶναι τείνεσθαι,
 προσδεῖσθαι δὲ ἄλλων ὀργάνων πολλῶ
 μειζόνων τῶν καλουμένων Ἐντονίων.
 Πολλάκις δὲ καιροὺς εἶναι τοιούτους,
 ἐν οἷς καταπελτῶν μὲν συμβαίνει ἀναγ-
 καῖον χρεῖαν γίνεσθαι, ῥαγέντων δὲ
 τῶν τόνων ἢ τινων ἄλλων πονησάντων
 τὴν μὲν ἐξάρτυσιν μηδενὶ τρόπῳ δυ-
 νασθαι ποιήσασθαι διὰ τὸ καθυσίερεῖν
 τῶν ἀνωτέρω δηλωθέντων Ἐντονίων.
 τοῦτο δὲ γίνεσθαι οὐκ ὀλιγάκις μὲν ἐν
 ταῖς πεζικαῖς σιρατιαῖς, ἐπὶ πολὺ δὲ
 καὶ ἐν ταῖς ναυτικαῖς.

Effet nuisible de la torsion.

257. Ἐξακολουθεῖ δὲ καὶ ἄλλο τι
 δύσχηρσιν παντελῶς καὶ ἀτεχνον καὶ
 λυμαινόμενον τὸ μῆκος τῆς τοξείας· ἐν
 γὰρ ταῖς τοξείαις καὶ ταῖς πυκναῖς κα-
 ταγωγαῖς χάλασμα λαβὼν ὁ τόνος ἐπι-
 τάσεως πάλιν προσδεῖται· τὸ γὰρ τῆς
 τοξείας μῆκος ἀπολήγει διὰ τῆν γεγε-
 νημένην ἀνεσιν. Συμβαίνει οὖν βουλο-
 μένοις ἐπιτείνειν αὐτὸν εἰς ὀρθὸν μὲν
 μὴ δύνασθαι, μηδὲ κατ' εὐθείαν διδόναι
 τὴν ἐπέντασιν, ἐπιστρέφοντας δὲ τοῦτο
 ποιεῖν διδόντας παρὰ φύσιν τὴν καθή-
 κουσιν ἐπιστροφήν, ὑπολαμβάνοντας
 μὲν βοηθεῖν, μέγα δὲ λυμαινόμενους τὴν
 τάσιν καὶ ποιοῦντας, λέγω, τὴν τοξείαν

tive. Il faut tendre brin à brin le cor-
 don élastique; et, à chaque passe, il
 faut le dévider tout entier à travers les
 barillets. Chaque inflexion du cordon
 en compromet la ténacité. En passant
 sur les treuils du tendeur, il s'y apla-
 tit et s'y affaiblit considérablement.
 En outre, le bandage de l'engin exige
 l'emploi de machines beaucoup plus
 grandes, c'est-à-dire de *tendeurs*²⁷⁷.
 Souvent même il arrive qu'au moment
 de recourir aux catapultes, certains
 cordons s'y trouvent rompus ou d'autres
 relâchés, et qu'il est impossible, faute
 des tendeurs ci-dessus, de les remettre
 en état. Ce cas, déjà fréquent en cam-
 pagne, est presque inévitable à bord.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

Th. 58.

257. Il a pour conséquence un autre
 inconvénient non moins grave et non
 moins funeste à la portée constante que
 l'art assigne au jet. En effet, dans les
 manœuvres prolongées²⁷⁸, le faisceau
 se relâche et exige un nouveau ban-
 dage. De là une diminution sensible
 dans la portée. Veut-on rendre au fais-
 ceau sa tension primitive? Loin d'en
 pouvoir maintenir les cordons recti-
 lignes, il faut le faire tourner et lui
 donner, contre nature, la torsion con-
 venable. On croit par là lui venir en
 aide, mais on en compromet grande-
 ment la vigueur. Je dirai même qu'on

KR. 262.

I.A.
CHIROBALLISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

βραχυτέραν καὶ ἀσθενεστέραν ταῖς πη-
γαῖς, ἀτόνου τοῦ ὀργάνου γινομένου
διὰ τὸ τοὺς στήμονας εἰς πυκνὴν ἔλικα
ἀνάγεσθαι καὶ πλάγιον γεγονότα [τὸν
τόνον] τοῦ βιαίου καὶ εὐτόνου τοῦ κατὰ
φύσιν ἐσπερῆσθαι διὰ τὴν ὑπεράγουσαν
ἐπιστροφήν. Ὁ γὰρ τοιοῦτος ἐν μὲν ταῖς
ἀγωγαῖς δυσέπακτος καὶ βιαίος ἐστίν,
ἐν δὲ ταῖς ἀφέσεσιν ἀσθενὴς καὶ ἄτονος,
ὥσάν τῆς πλεοναζούσης ἐπιστροφῆς εἰς
τὴν εἰκάθουσαν τάξιν καὶ ἀνειμένην ἀνα-
χωρούσης.

258. Τὸ δὲ ἐξ ἀρχῆς πάλιν εἰς ὀρ-
θὸν ἐπιτεῖναι τὸν τόνον μεγάλης ἀσχο-
λίας προσδεῖται καὶ οὐ τηλικαύτην
προσάξει ὠφέλειαν, ἡλικὴν βλάψει τις
τοὺς τόνους ἐκλύων καθ' ἓν τε διεκμη-
ρῶμενος κῶλον, καὶ πάλιν ταῦτ' οὖν ποιοῦν
τῷ ἐπὶ τῆς ἐντάσεως. Ὅθεν ἀπογόνυτες
οἱ πλεῖστοι χροῶνται τοιούτοις ὑπάρ-
χουσιν, οἷοις ἀνώτερον εἰρήκαμεν.

amoindrit la portée et l'intensité du
jet, en affaiblissant la machine par la
torsion oblique du faisceau en hélice
serrée, ce qui enlève aux cordons leur
force et leur élasticité naturelle : tel
est l'effet de la torsion qui leur est ap-
pliquée à la partie supérieure. Dans
cet état, le faisceau devient rebelle à
la manœuvre de bandage. Dans la dé-
tente, au contraire, il se montre affai-
bli, relâché; comme si la torsion qu'il
a reçue en excès se traduisait par une
perte de force équivalente.

258. Quant à vouloir de nouveau
bander verticalement le faisceau, c'est
une opération longue, pénible, hors
de proportion avec le résultat cherché.
Aussi bien on court le risque de dé-
tériorer le cordon, en le retirant brin
à brin des barillets, pour le réinstaller
ensuite au degré voulu de tension. C'est
pour éviter ces ennuis, que la plupart
des ingénieurs emploient le procédé
ci-dessus.

Résumé.

259. Ἄ μὲν οὖν ἂν τις κατατιθίσαιτο
τῶν ὑπαρχόντων ὀργάνων, ἐπὶ κεφα-
λαίου ταῦτά ἐστί. Τὰ δὲ κατὰ μέρος
ἐπὶ τῆς ὀψευς αὐτῶν μάλιστα ἂν τις
ἐπιδείξει δύναιτο. Πλὴν μέντοι ἐγκω-
μιαστέον ἐστὶ τοὺς ἐξ ἀρχῆς εὐρόντας
τὴν τῶνδε τῶν ὀργάνων κατασκευὴν·
καὶ γὰρ τοῦ πρᾶγματος καὶ τοῦ σχή-
ματος ἀρχηγοὶ γεγονῶσι, κατὰ πάντων
τε τῶν ἄλλων βελῶν ὑπερβολὴν εὖρον
μήκει τε τοξείας καὶ βάρει τῶν βαλλο-
μένων, λέγω δὲ οἷον κατὰ τε τόξου,

259. Telles sont, en résumé, les
critiques méritées que l'on peut adres-
ser au système en usage. Quant aux
détails, chacun peut, d'un coup d'œil,
en apprécier la valeur. Toutefois on
doit des éloges aux premiers inventeurs
de ces machines. Pour le fond, comme
pour la forme, ils furent, en effet, de
véritables créateurs, qui laissèrent bien
loin derrière eux, tant pour la portée
que pour le poids du projectile, les
instruments primitifs, arc, javelot,

καὶ ἀκοντίου καὶ σφενδόνης. Καὶ γὰρ τὸ μὲν ἐξ ἀρχῆς ἐπινοῆσαι τι καὶ τὸ κατὰ τὴν ἐπίνοιαν ἐξεργάσασθαι μείζονος φύσεώς ἐστίν· τὸ δὲ εἰς διόρθωσιν ἢ μετάρθεσιν ἀγαγεῖν τὸ ὑπάρχον εὐχερέρστον εἶναι δοκεῖ. Πλὴν πολλῶν σφόδρα ἐτῶν διεληλυθότων, ἀφ' οὗ τὴν σύνταξιν εὐρῆσθαι τήνδε συμβαίνει, καὶ πολλῶν γεγονότων, ὥσπερ εἰκός, καὶ μηχανικῶν καὶ βελοποιῶν, μηθένα τετολμημέναι παρεκβῆναι τὴν ὑποκειμένην μέθοδον. Πρῶτον δὲ ἡμεῖς τοῦτο ποιήσαντες πολλὰ παραδεδώκαμεν εὐχρησῖα, περὶ ὧν τὴν ἐπίγνωσιν ἔξεῖς διὰ τῶν μελλόντων λέγεσθαι.

fronde. Aussi bien une idée fécondée dans son germe et mûrie à point par le travail procède de plus haut, dans l'échelle de l'intelligence, que le talent banal de modifier ou de corriger ce qui existe. D'ailleurs, l'invention en question remonte à un grand nombre d'années. Naturellement maint ingénieur, maint constructeur, en a fait usage. Nul, jusqu'ici, pourtant, n'a osé rompre avec la routine. Le premier, je m'en suis affranchi; et j'ai obtenu de nombreuses et utiles améliorations, dont vous prendrez connaissance par l'exposé qui va suivre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 264.

Th. 59.

260. Je passe à regret le développement annoncé, qui occupe huit pages de l'in-folio de Thévenot. C'est un admirable spécimen de la mécanique appliquée des anciens²⁷⁹. Un constructeur moderne n'y montrerait pas plus de sagacité, de souci du progrès, ni d'amour de l'art. Le grand mérite, à mon sens, du traité de Philon, c'est que l'auteur y demeure continuellement en scène, non pour afficher sa personnalité, mais pour soutenir hautement la cause de la science désintéressée.

DES ENGINS À RESSORTS MÉTALLIQUES.

ΧΑΛΚΟΤΟΝΟΝ DE CTÉSIBIUS.

261. A la suite de son exposé, Philon aborde la théorie du Χαλκότονον (engin *chalcotone*, ou à ressorts de bronze), inventé par Ctésibius d'Alexandrie. « Moi-même, dit-il, j'ai eu à m'occuper du problème, « tel qu'il était posé²⁸⁰. J'ai cherché à le résoudre, en marchant, sur les « traces de Ctésibius, vers une solution meilleure. Entre son type et le « mien, il existe, en effet, une grande différence de forme, si j'en « crois des personnes qui ont pu examiner avec attention l'engin de « Ctésibius. Je vais donc vous décrire ma machine, telle que je l'ai « exécutée. »

Th. 67.
KR. 286.

Th. 68.

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 288.

ENGIN χαλκότονον DE PHILON.

262. Βάσις μὲν οὖν καὶ συρίγγιον καὶ χελώνιον καὶ χεὶρ ἢ κατάγουσα τὴν τοξίτιν, ὅτε ὀνίσκος καὶ ἢ κατακλεῖς καὶ αἱ σκυτάλαι, καὶ τὰ ἄλλα ταῦτα καὶ ἐπὶ τούτου κατεσκευάσθαι τοῖς ἄλλοις ὀξυβελέσιν ὁμοίως. Τὸ δὲ Πλινθίον ἄλλο λαμβάνει σχῆμα.

262. Le pied, la monture, le tiroir, avec la griffe commandant la corde archère, le treuil, le déclic²⁸¹, les leviers, etc., sont absolument les mêmes que dans les ὀξυβελεῖς²⁸² ordinaires. La cage seule présente une autre disposition.

Théorie du faisceau névrotone.

263. Μέλλοντες οὖν περὶ τῆς τῶν τόνων ιδιότητος ἀπαγγέλλειν, καλῶς ἔχειν ὑπελαμβάνομεν καὶ ἐπὶ τούτου πρῶτον ἐπισκέψασθαι περὶ τῶν ἀρχαίων ὀργάνων καὶ συμβάλλειν, τίς ἐστὶν ἡ αἰτία τοῦ μακρὰν ἀποστέλλειν δύνασθαι τὸ βέλος, μὴ περὶ μικρὰς αἰτίας τὴν θεωρίαν ποιούμενοι, καθάπερ ἀνώτερον δεδηλώκαμεν... Ταῦτα μὲν γὰρ προεζήτῃται, καθάπερ εἶπον ἐν τοῖς πρότερον, καὶ ἐν μέσῳ κείμενα κοινὰ πᾶσιν ὑπάρχει πολλακίς ἤδη καὶ παντοδαπῶς πεπειραμένα. Νῦν δὲ ὀλοσχερῇ τινα δεῖ τὴν ἐπίσκεψιν περὶ τῶν καθόλου ποιήσασθαι μέλλοντάς γε καὶ προσάγειν ὀλοσχερές τι θεώρημα, καὶ ἴδιον τῇ διαθέσει καὶ πολὺ παρηλλαγμένον τῶν προτέρων.

264. Ὅλη οὖν ἡ τῶν ἀγκώνων βία παραίτιος γίνεταί τοῦ μακρὰν φέρεσθαι τὸ βέλος. Αὕτη δὲ διὰ τῶν τόνων αὖξεται. Σκεπτόμενοι τοίνυν, ποῖα τίς ἐστὶ περὶ τοὺς τόνους ἡ ὑπάρχουσα διάθεσις...

Οὐκοῦν ὁ ἀγκὼν ἐστὶν ἐν μέσῳ τῶ τόνῳ· τὸ μὲν ἡμιτόνιον αὐτοῦ ἐπιπίνει

263. Avant de décrire, poursuit Philon, les propriétés particulières du moteur *chalcolone*, je crois utile, même à ce sujet, de jeter encore un coup d'œil sur les anciennes machines, et d'y rechercher quelles sont les conditions requises pour lancer loin le trait. Je ne donnerai point, d'ailleurs, comme je l'ai fait plus haut, une théorie détaillée du système... Ces questions, déjà résolues, comme je l'ai dit, se trouvent à la portée de tout le monde, et maintes fois la pratique les a étudiées. Ce que j'ai à présenter, pour le moment, ce sont des considérations générales, c'est l'examen sommaire et spécial d'un principe tout à fait original et nouveau.

264. La quantité de force accumulée dans le battant, telle est la cause de la longue portée du projectile. Le faisceau névrotone est un moyen de l'augmenter. Examinons donc, dans ce système, de quelle manière peut en varier l'effet...

Et d'abord, le battant est au centre du faisceau. Une moitié de celui-ci

κατὰ τὴν πτέρναν τοῦ ἀγκῶνος ἐν τῇ ἐκτὸς μέρει τοῦ πλινθίου καὶ βιάζεται τὴν πτέρναν εἰς τὰ ἐντὸς, τὸ δὲ ἄλλο ἡμιτόνιον παραλλάξ ἀνὰ τὸν ἀγκῶνα. Λέγω οὖν, ὅτι τάχιστα δυναμένων τῶν ἀγκῶνων ἀναπρέπει, μακρότατα τὸ βέλος ἀποστέλλει. Ἡ γὰρ ὀξυτάτη φορὰ τῆς τοξίτιδος ταχυτάτην ἐνεργάζεται τῇ βέλει κίνησιν, ὥστε ἐν ἴσῳ χρόνῳ πλείονα τόπον ἐνεχθῆναι διὰ τὸ συνεχὲς τῆς φορᾶς.

265. Πότερ' οὖν, καθάπερ εἰρήκασιν οἱ πλεῖστοι καὶ ἡμεῖς δὲ ἀρτίως εἵπομεν, συμβαίνει τῇ τοῦ ἀγκῶνος ἀναπείσει τὴν βίαν ἐξ ἀμφοτέρων γίνεσθαι τῶν ἡμιτονίων, ἢ μόνον ἐκ τοῦ ἐνός; τοῦτο δὲ σαφῶς εἰδήσομεν ἐπισκοπήσαντες αὐτά· πᾶν γὰρ χρήσιμον εἶσθαι πρὸς τὸν ἐστίωτα λόγον.

Οὐκοῦν πρὸς μὲν τὴν τῆς τοξίτιδος καταγωγὴν ὁρῶμεν ἀμφοτέρα σαφῶς ἀντιπράσσοντα τὰ ἡμιτόνια; διὸ καὶ τοὺς ἀγκῶνας συμβαίνει πολλαῖς τριβέσθαι δύο δυνάμεις ἀνακινούντας, ἐν τε τῇ σχάσματι τὴν τοξίτην ἅμα συμβαίνει ἀμφοτέρας τὰς τῶν ἡμιτονίων δυνάμεις κινεῖν ἰσοταχεῖς αὐταῖς συνπαρχούσας, διὰ τὸ ἐξ ἴσων καὶ ὁμοίων δυνάμεων συνεσθάναι. Οὐκ ἂν οὖν πρὸς τὸ τάχος τοῦ ἀγκῶνος ἡ μία συμβαλλοίτο δύναμις, εἰ μὴ μείζων εἴη τῆς ἄλλης. Οὕτω γὰρ ἂν κατακρατοίη τῆς ἐλάσσονος καὶ ἐπισύναπτοι τῇ τάχει.

tombe au droit du talon, DU CÔTÉ EXTÉRIEUR, et pousse le talon vers l'intérieur du bâti; l'autre moitié, symétriquement placée, pousse en avant le bras²⁸³. Or je dis que, plus vive sera la détente des battants²⁸⁴, plus loin sera lancé le trait. En effet, plus le mouvement de la corde archère est rapide, plus forte est l'impulsion qu'elle communique au projectile. De sorte que, dans le même temps, grâce à la continuité de l'impulsion²⁸⁵, l'espace parcouru est plus grand.

265. Cela posé, faut-il admettre, comme je l'ai dit, avec la plupart des ingénieurs, que la puissance du battant²⁸⁶ est engendrée simultanément par les deux moitiés du faisceau, ou bien par une seule? Examinons ce point, afin de l'éclaircir. Aussi bien, pour ma thèse, il est de la dernière importance.

Lorsque nous tendons la corde archère, ne voyons-nous pas simultanément les deux moitiés du câble réagir en sens contraire? A tel point que souvent, par ces deux efforts inverses, le bras lui-même se trouve, pour ainsi dire, broyé. En outre, dans la détente, on voit la corde archère entraîner, d'une vitesse égale, les deux moitiés du faisceau, dont les forces composantes sont égales et identiques. Pour imprimer au bras sa vitesse, une force unique ne suffirait donc pas, à moins de surpasser l'autre. Alors, en effet, elle vaincrait cette seconde force et viendrait en aide à la vitesse²⁸⁷.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 290.

Th. 69.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

266. Δειχθείη ἂν τὸ λεγόμενον σα-
φῶς ὑπάρχον, οἷον ἡμεῖς φάμεν, καὶ ἐκ
τοῦ μέλλοντος ὑποδείγματος λέγεσθαι.

Ἐὰν γάρ τις λαβὼν δύο βάρη ὁμοία
τῷ γένει καὶ τῷ σχήματι, τὸ μὲν μὲν
ἴσον, τὸ δὲ ἄλλο διμνοῦν, ἀμα ἀφ' ὑψους
ἀφ' ἧ φέρεσθαι, λέγω ὅτι τὸ διμνοῦν
παρὰ πολὺ τάχιον οἰσθήσεται· καὶ ἐπὶ
τῶν ἄλλων δὲ βαρῶν ὁ αὐτὸς ὑπάρχει
λόγος, ὥστε ἀνάλογον εἶναι τὸ μείζον
τοῦ ἐλάσσονος ὡς τάχιον φέρεσθαι·
εἴθ' ὅτι τὸ μείζον βάρος, καθάπερ φασί
τινες τῶν φυσικῶν, μᾶλλον ἐκρομβεῖν
δύναται καὶ διαστέλλειν τὸν ἀέρα, εἴθ'
ὅτι τῷ μείζονι βάρει καὶ ῥοπή πλείων.
Παρέπεται δὲ πλείω ῥοπήν μᾶλλον αὖ-
ξιν τὴν κατὰ κάθετον φορὰν.

266. Ce que je viens de dire peut
être mis en lumière par l'exemple sui-
vant :

Que l'on prenne deux corps de
même substance et de même forme;
l'un pesant une mine et l'autre deux.
Qu'on laisse de haut tomber ces deux
corps. J'observe que le poids double
sera entraîné avec un excès considé-
rable de force vive ²⁸⁸. Même raisonne-
ment pour tout autre poids. Toujours,
proportionnellement, le plus lourd aura
le plus de force vive; soit parce que,
au dire de quelques physiciens, il fend
et écarte l'air avec plus de facilité; soit
parce qu'au poids le plus lourd corres-
pond une impulsion plus forte ²⁸⁹. Il
suit de là qu'une impulsion plus grande
ajoute à la force vive de chute.

267. Philon appuie sa démonstration sur des exemples qu'il serait
trop long d'exposer, mais qui sont contraires aux principes, les mieux
établis aujourd'hui, de la physique. Au fond, Philon sent d'instinct
les phénomènes naturels. Mais il confond à chaque instant la vitesse
d'un mouvement avec l'effet de force vive. Dans la comparaison qu'il
donne ci-dessus de la chute des corps, j'ai respecté la distinction entre
les deux faits, et restitué à chacun son rôle effectif. Chose remar-
quable, les connaissances scientifiques de Philon se montrent habi-
tuellement exactes, à la condition de rendre aux termes par lesquels
il décrit des phénomènes certains une précision qui trop souvent
semble impossible à sa plume.

ORIGINE DE L'INVENTION DES RESSORTS.

268. Quoi qu'il en soit, l'habile praticien arrive aux conclusions suivantes :

269. Τούτων δὲ τοιούτων ὑπαρχόντων ἐδείχθη σαφῶς τὸ ἐν ἡμιτόνιον μὴ δὲν συνεργοῦν τῇ τοῦ ἀγκῶνος φορᾷ διὰ τὸ ἰσοταχῆς τῷ ἄλλῳ. Καλῶς οὖν ἔχον ἐκρίθη τὸ περιελεῖν καὶ μετᾶραι τὸ μὴθὲν ὠφελεῖν δυνάμενον τὴν τοῦ ὀργάνου δύναμιν. Νευρίνων μὲν οὖν ὄντων τῶν τόνων, καὶ ἐχόντων τὴν ὁμοίαν τάσιν τοῖς πρότερον, οὐκ ἐνδεχόμενον τὸ ἐν τῶν ἡμιτονίων περιελεῖν. Πῶς γὰρ ἔτι ὁ ἀγκὼν ἐδύναται ἂν ὑπὸ τοῦ μόνου κρατεῖσθαι; προσσεδεῖτο δὲ ἄλλης μεθόδου πρὸς τὸ καὶ αὐξῆσαι δύνασθαι τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμιτονίου δύναμιν, τοῦ προσσηρισμένου πρὸς τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, καὶ τὸ ἄλλο περιελεῖν ἡμιτόνιον τὸ εἰς μὲν τὴν ἀποστολὴν τοῦ βέλους μὴθὲν συμβάλλεσθαι δυνάμενον, εἰς δὲ τὴν καταγωγὴν ἀντιπράσσειν, καὶ δυσεργίαν τὴν μέλλουσαν λέγεσθαι.

269. Dans cet état de choses, il fut clairement prouvé que chaque moitié du faisceau n'ajoutait rien à la vitesse du bras, à cause de son identité de force avec l'autre. On conclut donc avec raison qu'il fallait enlever et supprimer ce dispositif, qui n'était d'aucun secours pour la machine. Or, le faisceau étant formé de cordons de nerfs, tendus d'après l'ancienne méthode, il n'était pas possible de n'en supprimer que la moitié²⁹⁰. Comment, en effet, avec l'autre moitié seulement, le bras eût-il pu déployer la moindre force? Il fallait donc recourir à un moyen nouveau, permettant d'obtenir plus de puissance qu'avec la moitié du faisceau appliquée au talon du bras, et de supprimer alors l'autre moitié, qui ne pouvait rien ajouter à la force balistique²⁹¹, et dont la résistance entravait la manœuvre²⁹².

Th. 69.
KR. 292.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

FABRICATION DES RESSORTS DE BRONZE.

270. Κατεσκευάσθησαν γὰρ εἰς τὸν τρισπίθαμον καταπέλτην Λεπίδες χαλκαῖ, καὶ εἶχον μὲν τὴν προσσηγορίαν ταύτην. Ἦσαν δὲ αἱ λεπίδες ἐλάσματα χαλκᾶ, μήκος μὲν ἔχοντα [δακτύλους IB], πλάτος δὲ [δακτύλους B], πᾶχος δὲ [δακτύλου τὸ δωδέκατον]. Αὗται δὲ ἐχωνεύθησαν μὲν χαλκοῦ παρασκευασθέντος ἐρυθροῦ ὡς χρηστοτάτου καὶ κε-

270. On fabriqua alors, pour la catapulte de trois empan, des lames ou RUBANS (Λεπίδες) de bronze, car on leur donna ce nom. Ces rubans étaient des RESSORTS (Ἐλάσματα) métalliques, ayant de longueur [12 doigts], de largeur [2 doigts] et d'épaisseur [$\frac{1}{12}$ de doigt]²⁹³. On les fondit en cuivre rouge bien préparé, de première qualité et purifié avec

Th. 70.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καθαρμένον καὶ ἀποπληθέντος πλεονά-
κεις, εἴθ' οὕτως εἰς τὴν μνᾶν μιχθέντος
κασσιτέρου ὀλκῆς δραχμαὶ τρεῖς, καὶ
τούτου κεκαθαρμένου καὶ ἀπωπλημένου
περισσῶς.

271. Εἰτ' ἐγχυθειςῶν καὶ ἐλασθει-
σῶν τῶν λεπίδων καὶ λαβουσῶν τὰ δη-
λωθέντα μέτρα, οὕτω καμπλὴν ἐδώκαμεν
αὐταῖς πραιάν πρὸς ἐμβολέα ξύλινον.
Καὶ μετὰ ταῦτα ἐκροτήσαμεν ταύτας
KR. 294. ψυχρὰς συνεχῶς καὶ πολὺν χρόνον, τη-
ροῦντες ἰσοπαχεῖς καὶ ὀρθὰς κατὰ κρό-
ταφον καὶ κατὰ πλάτος ἀσπίραβεῖς καὶ
ἀρμοζούσας πάντοθεν πρὸς τὸν ἐμβο-
λέα. Μετὰ δὲ ταῦτα κατὰ ζεύγος αὐτὰς
συνεθήκαμεν, τὰ κοῖλα πρὸς ἀλλήλας
συζεύξαντες, καὶ τὰ ἄκρα ρινήσαντες
εἰς ὄνυχα, καὶ τόρμοις εἰς ἀλλήλα συ-
ζεύξαντες.

272. Ἰσχύον μὲν οὖν ἐλάμβανον αἱ
λεπίδες διὰ τὴν τοῦ χαλκοῦ κρᾶσιν· ὁ
γὰρ λευκώτατος καὶ καθαρώτατος χω-
νευθεὶς εἰς τὸ δυνατὸν μηδενὸς μετασχὼν
ἰσχυρὸς τε καὶ ὀλκὸς καὶ νευρώδης ἐσίην.
Ἐκροτοῦντο δὲ ψυχραὶ συνεχῶς καὶ πο-
λὺν χρόνον πρὸς τὸ τὴν ἐπιφάνειαν
αὐτῶν πυκνωθεῖσαν εὐτονίαν παρα-
σχεῖν.

273. Ἀμφίκυρτοι γὰρ συνερεισθεῖ-
σαι, καθὰ λέγομεν, παρὰ τὴν τοῦ ἀγ-
κῶνος παρετίθεντο πτέρναν. Ὁ δὲ
ἀγκῶν τὴν πτέρναν εἶχεν ἐπηρειαμένην

soin, à plusieurs reprises, puis mé-
langé, à raison de trois drachmes par
mine (trois pour cent) avec de l'étain
pur, bien nettoyé et corroyé.

271. Au sortir du moule, les ru-
bans furent aplatis et mis aux dimen-
sions ci-dessus. Puis ils reçurent une
courbure douce sur un GABARIT de bois
(Ἐμβολεύς). Ensuite je les battis à
froid sans relâche, pendant très-long-
temps, leur donnant une épaisseur
uniforme, ainsi que des arêtes recti-
lignes au pourtour du profil; et, dans
l'autre sens, une courbure régulière
épousant exactement celle du gaba-
rit. Enfin je les conjuguai deux à deux,
mettant en regard leurs parties con-
caves²⁹⁴. Les extrémités, limées avec
soin, s'assemblaient deux à deux au
moyen de tenons.

272. Les rubans empruntaient donc
leur force à la nature même du bronze.
Le plus blanc et le plus pur, quand
on le fond avec toutes les précautions
requises, donne un métal fort, souple,
élastique. Les ressorts furent battus à
froid²⁹⁵, sans relâche et pendant long-
temps, afin d'en durcir les fibres su-
perficielles et de leur procurer plus
de résistance. On leur donna, comme
j'ai dit, une double convexité.

INSTALLATION DES RESSORTS.

273. Cela fait, on installa les res-
sorts au droit du talon du bras. Celui-
ci s'appuyait donc contre les lames
flexibles. Lui-même pivotait autour

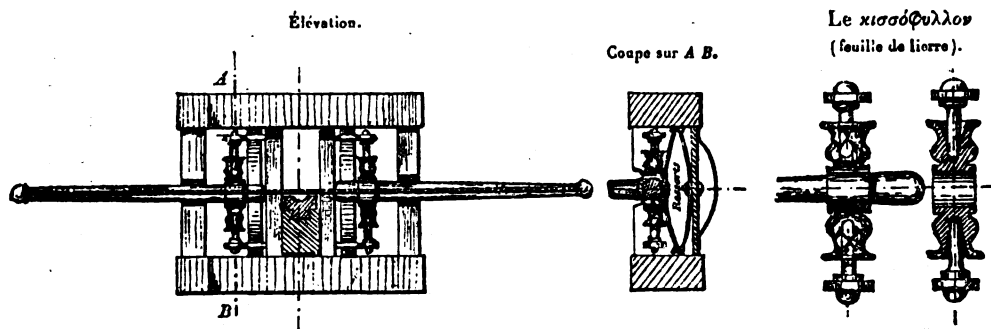
ἐπὶ τῶν λεπίδων αὐτὸς δὲ ἐπολεύετο
περὶ ὀχέα σιδηροῦν παρακείμενον ἐκ-
τὸς τῆς τοῦ ἀγκῶνος ἐπιφανείας καὶ
συνεχόμενον ἐν τῷ πλινθίῳ κατὰ τὰ
ἄκρα σιδηροῖς δεσμοῖς, οἳ καὶ τὰς λε-
πίδας ἅμα περιεῖχον κύκλῳ πρὸς τὸ
μὴ πονέσαι τὸ πλινθίον. Καὶ κατὰ τὴν
ἐπιφάνειαν δὲ τοῦ ἀγκῶνος δακτύλιος
χαλκοῦς προσέκειτο, καὶ πρὸς τὸν ἀγ-
κῶνα προσκεκοινωμένος ἦν, δι' οὗ διέ-
τρεχεν ὁ σιδηροῦς ὀχεύς πρὸς τὸ Κισ-
σόφυλλον παρακτεινόμενον ἐξ αὐτοῦ διὰ
τοῦτο.

d'un collier de fer extérieur, qui em-
brassait le contour du bras²⁰⁶, et qui
se reliait à la cage, par ses extrémités,
au moyen d'étriers de même métal.
D'ailleurs, pour ne point fatiguer le
bâti, ces étriers, de forme arrondie,
s'assemblaient avec les cadres des res-
sorts. Enfin, le long du battant, se
trouvait une douille en bronze, ajustée
sur la surface du bras, et dans laquelle
pénétrait le pivot de fer, au droit de la
feuille de lierre (Κισσόφυλλον), disposée
en relief sur la douille²⁰⁷.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 15. Engin chalcotone de Philon de Byzance.

(Catapulte à ressorts de bronze).



ÉLASTICITÉ DU SYSTÈME.

274. Τῆς οὖν δεδηλωμένης διασκευῆς
ὑπαρχούσης συνέβαινε, καταγομένης τῆς
τοξίτιδος, τὸν ἀγκῶνα πολεύμενον περὶ
τὸν ὀχέα τὸν σιδηροῦν, θλίβειν τῇ
πίερυν τὴν μίαν τῶν λεπίδων, ἥ κατὰ
τὸ κυρτὸν μέρος πιεζομένη κατὰ ἄκρα
καὶ προσηρσισμένη τῇ ἄλλῃ λεπίδι δι'
αὐτῆς τε ἀπωροῦτο καὶ τὴν ἄλλην
ἀπώρθου. Προσκειμένον γὰρ ἦν καὶ τὸ
τῆς ἄλλης μέσον πρὸς τῷ πλινθίῳ καὶ
πρὸς τοῖς περιέχουσιν αὐτὴν σιδηροῖς

274. Grâce à ce dispositif, continue
Philon, lorsque la corde archère ve-
nait à entraîner le bras²⁰⁸, celui-ci,
pivotant librement dans son collier
métallique, pressait du talon contre
l'un des rubans, en appuyant sur la
face convexe²⁰⁹. Ainsi comprimé, ce
ruban se redressait, et transmettait
son effort, par les extrémités, au se-
cond ruban, qui se redressait pareille-
ment. En effet le dos de celui-ci s'ap-

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δεσμοῖς, ἐν μὲν τῇ καταγωγῇ, καθότι
δεδηλώκαμεν· ἀναγκαῖον ἦν ἀπορβοῦ-
σθαι τὰς λεπίδας διὰ τὸ αὐταῖς συνηρεῖ-
σθαι· ἐν δὲ τῷ σχασθῆναι πάλιν ἐπὶ τὴν
ὁμοίαν τοῦ σχήματος ἀποκαθίστασθαι
τάξιν. Διὸ καὶ συνέβαινε μετὰ βίας
πολλῆς διιστάμενας αὐτὰς ἀπομοχλεύειν
τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν.

puyait contre le bâti et contre les
armatures de fer, qui le maintenaient
en position. Ainsi que je l'ai dit, l'en-
trainement de la corde³⁰⁰ avait pour
effet de comprimer, redresser et arc-
bouter l'un contre l'autre les deux
rubans. La détente les ramenait à
leur position primitive. S'éloignant
alors violemment l'un de l'autre, ils
réagissaient avec force contre le talon
du bras.

ÉLASTICITÉ NATURELLE DE CERTAINS CORPS.

KR. 296. 275. Τάχα μὲν οὖν καὶ σοὶ δόξει τὸ
εἰρημένον ἄπιστον εἶναι, καθάπερ καὶ
Th. 71. ἄλλοις πλείοσιν. Οὐ γὰρ φάσκουσι δυ-
νατὸν εἶναι καμπὴν ἐχούσας τὰς λεπίδας
καὶ ὑπὸ τῆς τοῦ ἀγκῶνος βίας ἀπορβο-
θείσας μὴ οὐκ ὁρθὰς εἰς τὸ λοιπὸν δια-
μένειν, ἀλλὰ προκαθίστασθαι πάλιν ἐπὶ
τὴν ἐξ ἀρχῆς ὑπάρχουσαν αὐτοῖς καμπήν.
Περὶ μὲν γὰρ τὴν τῶν κεράτων φύσιν
τὸ τοιοῦτον ὑπάρχειν, καὶ περὶ τινὰ
τῶν ξύλων, καὶ τὰ τόξα τοιούτων γε-
νέσθαι, τὸν δὲ χαλκὸν ἰσχυρὸν μὲν εἶναι
φύσει καὶ σκληρίαν καὶ τόνον ἔχειν,
καθάπερ καὶ τὸν σίδηρον, καμφθέντα
μέντοι ὑπὸ τίνος βίας εἰς τὸ μετὰ ταῦτα
διαμένειν τὴν καμπὴν ἔχοντα καὶ μὴ
δύνασθαι ἑαυτῷ πάλιν ἀπορβοῦσθαι.
Συγγνώμη οὖν ἔστω αὐτοῖς τοῦ ἐπὶ
ταύτῃ τὴν δόξαν φέρεσθαι μὴ προῖ-
στορηκόσι τὰ κατὰ μέρος.

275. Sans doute un pareil fait vous
paraîtra, comme à beaucoup de per-
sonnes, incroyable. Il est impossible,
dira-t-on, que des lames déjà courbées,
puis redressées par l'effort du battant,
ne restent pas indéfiniment rectili-
gnes, bien loin de se détendre et de
revenir à leur courbure première. A
dire vrai, on admet que l'élasticité est
une propriété naturelle de la corne³⁰¹
et de certains bois, comme on le voit
dans l'arc. Mais on soutient que le
bronze, bien que doué, comme le fer,
d'une certaine rigidité, d'une certaine
dureté et résistance, conserve néan-
moins la courbure qu'il a reçue d'un
effort puissant, et ne peut plus ensuite
spontanément se redresser. Excusons
l'objection, fondée sur une notion im-
parfaite des choses.

LAMES D'ÉPÉES CELTIQUES ET ESPAGNOLES.

276. Ὡφθη γὰρ ἡ τῶν προειρημέ-
νων λεπίδων ἐργασία διὰ τῶν Κελτικῶν
καὶ Ἰσπάνων καλουμένων μαχαιρῶν.

276. La propriété desdits ressorts
fut, en effet, devinée à la vue des
épées celtiques et espagnoles. Pour es-

Ταύτας γὰρ, ὅταν βούλωνται δοκιμάζειν, εἰ χρῆσθαι εἰσιν, ἐπιλαβόμενοι τῇ μὲν δεξιᾷ χειρὶ τῆς μαχαίρας καὶ ἐπὶ τὴν κεφαλὴν θέντες πлагίαν αὐτὴν κατὰ γουσιν ἐξ ἐκατέρου μέρους, ἕως ἂν τῶν ὤμων ἀψῶνται· μετὰ δὲ ταῦτα ἀνῆκαν ὀξέως πᾶραντες ἀμφοτέρως τὰς χεῖρας. Ἡ δὲ ἀφεθεῖσα ἀπορροῦται πάλιν, καὶ οὕτως ἐπὶ τὸν ἐξ ἀρχῆς ρυθμὸν ἀποκαθίσταται, ὥστε μηδεμιᾶς ἐννοίαν καμπῆς ἔχειν· καὶ ταῦτα πλεονάκις ποιοῦντων ὁρθεὶ διαμένουσιν.

THÉORIE DU BATTAGE.

277. Ἐξητάζετο οὖν, τίς ἐστὶν ἡ αἰτία, δι' ἣν κατευτονεῖν οὕτως συμβαίνει τὰς μαχαίρας ταύτας· ζητοῦντες δὲ εὐρισκόντες πρῶτον μὲν τὸν σίδηρον καθαρὸν ὑπάρχοντα καθ' ὑπερβολὴν, εἴτα εἰργασμένον ἐκ πυρὸς οὕτως, ὥστε μήτε διπλόην μήτε ἄλλο σῖνος ἐν αὐτῷ μηδὲν ὑπάρχειν, ἔντα δὲ καὶ τὸν σίδηρον τῷ γένει μήτε κατάσκληρον λίαν μήτε μαλακὸν, μέσον δὲ τινα· μετὰ δὲ ταῦτα κεκροτημένας ψυχρὰς αὐτὰς νεανικῶς ὑπάρχειν· τοῦτ' ἔστιν εἶναι τὸ τὴν εὐτονίαν ποιοῦν· κροτεῖσθαι μέντοι μὴ μεγάλαις σφύραις μήτε ἰσχυραῖς πηληγαῖς· τὴν γὰρ βίαιον καὶ πлагίαν πηληγὴν τὸν τε ρυθμὸν διασφύρειν καὶ κατὰ βάθος ἰκνουμένην ἀποσκληρύνειν λίαν, ὥστε τὰς οὕτω κεκροτημένας, εἴ τις ἐπιβαλλοίτο κάμπειν, ἥτοι αὐτῷ μὴ ἐνδιδόναι τὸ παράπαν, ἢ βιασθείσας συντρίβεσθαι διὰ τὸ πάντα τόπον τὸν πυκνωθέντα ὑπὸ τῆς πηληγῆς πυκνὸν ὑπάρχειν. Αἱ μὲν οὖν πυρώσεις τὸν τε σίδηρον καὶ χαλκὸν μαλακύνουσιν

sayer celles-ci, et pour juger de leur qualité pratique, on saisit une lame de la main droite et on se l'applique contre la tête. Puis, des deux mains, on en abaisse³⁰² les extrémités, jusqu'à ce qu'elles fléchissent au niveau des épaules. On lâche alors brusquement la lame qui, d'elle-même, redevient droite comme devant, sans conserver, même après des épreuves répétées, la moindre trace de courbure.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

277. On se demandait en vertu de quel principe ces lames possèdent une pareille élasticité³⁰³. On finit par comprendre que le fer, lorsqu'il est bien pur, et qu'on le corroie à la forge de manière à n'y laisser ni rouille ni paille, ne se montre par lui-même ni dur ni mou, mais plutôt d'une consistance moyenne; d'un autre côté, que ces lames, vivement³⁰⁴ battues à froid, acquièrent plus d'élasticité. C'est là, en effet, ce qui leur donne la souplesse. Toutefois il ne les faut battre ni avec violence ni avec de forts marteaux. Un battage exagéré et maladroit détruit l'arrangement des fibres et se répercute à trop de profondeur. Aussi bien, battues de la sorte, si l'on cherche à les faire ployer, elles s'y refusent absolument, ou bien se rompent sous l'effort, parce que leurs fibres, écrouies par le battage, ne peuvent plus se condenser davantage. Le passage au feu amollit le fer et l'airain, en les dila-

KR 298.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ἀραιουμένων τῶν σωμάτων, ὥς φασιν, αἱ δὲ ψύξεις καὶ κροτήσεις σκληρύνουσιν. Ἀμφοτέρω γὰρ αἷτια γίγνεται τοῦ πυκνοῦσθαι τὰ σώματα συντρεχόντων τῶν μορίων πρὸς ἄλληλα καὶ τῆς τοῦ κενοῦ περιπλοκῆς συναιρουμένης.

278. Ἐκροτοῦμεν οὖν ψυχρὰς τὰς λεπίδας κατὰ ἀμφοτέρω τὰ μέρη, καὶ οὕτω τὰς ἐπιφανείας αὐτῶν συνέβαινε σκληρὰς γίγνεσθαι, τὸ δὲ μέσον διαμένειν μαλακὸν διὰ τὸ μὴ διικνεῖσθαι τὴν πλὴν κατὰ βάθος ἐλαφρὰν οὔσαν. Καθάπερ οὖν ἐκ τριῶν σωμάτων ἐγίνοντο συγκείμεναι, δύο μὲν σκληρῶν, ἐνὸς δὲ τοῦ μέσου μαλακωτέρου, διὸ καὶ τὴν εὐτονίαν αὐταῖς συνέβαινεν ὑπάρχειν, καθὼς ἀνώτερον ἐπεδείχθη.

Th. 73.

tant, comme on dit. Au contraire, la trempe et le battage durcissent ces métaux³⁰⁵. Ces deux causes expliquent d'ailleurs la contraction des corps par le rapprochement de leurs molécules et par la suppression des pores intermédiaires.

278. Je battis donc mes rubans à froid sur chaque face, et cela eut pour effet d'en durcir l'épiderme. L'intérieur, au contraire, demeura mou, grâce à la douceur du battage, qui ne pouvait se faire sentir à quelque profondeur. Les lames se trouvaient donc formées, pour ainsi dire, de TROIS MÉTAUX JUXTAPOSÉS : À L'EXTÉRIEUR, DEUX COUVERTES DURES ; À L'INTÉRIEUR, UN NOYAU MOU. De là, leur souplesse élastique, décrite plus haut³⁰⁶.

SUPÉRIORITÉ PRATIQUE DES ENGINS À RESSORTS.

279. Περὶ μὲν οὖν τῶν Χαλκοτόνων καὶ τῆς περὶ αὐτὰ γιγνομένης παρασκευῆς ἐπὶ τοσοῦτον εἰρήσθω, μὴ καὶ μακρότερον ἐξενεχθέντες λάθωμεν παρεκβαίνοντες εἰς τοὺς φυσικοὺς ἐπὶ πλεῖον λόγους. Ἔτι δέ σοι βραχέα προεμφανιοῦμεν περὶ τῆς εὐχρησίας αὐτῶν· πρῶτον μὲν γὰρ ἐστί ἡ κατασκευὴ τῶν δεδηλωμένων παρὰ πολὺ τῶν ἄλλων εὐκοπωτέρα διὰ τὸ μήτε περίτρητα, μήτε χοινικίδας μήτε δεσμούς σιδηροὺς πολλοὺς καὶ ποικίλους ἔχειν, ἀλλ' ἀφελῇ τινα, καὶ λιτὴν καὶ εὐκοπον εἶναι τὴν κατασκευὴν αὐτῶν. Πρὸς δὲ τοῦτοις ἰσχυρά τέ ἐστί καὶ ἄφθαρτα μᾶλλον τῶν ἄλλων, ὥσαν οὐ διὰ νέρων ἀλλὰ διὰ χαλκοῦ τὴν ἐξάρ-

279. Des engins χαλκότονα et de leur structure actuelle, je borne ici mon exposé; en allant plus loin, je craindrais d'empiéter sans le vouloir sur des questions qui sont plutôt du domaine de la physique. J'ajouterai seulement quelques remarques sur les qualités pratiques du nouveau système. Et d'abord, témoin la description donnée plus haut, il est d'une facilité d'exécution supérieure. Cela tient à ce qu'il ne présente ni lucarnes, ni barilletts, ni armatures de fer nombreuses et compliquées. Sa construction se trouve, au contraire, toute simple, tout unie, et partant très-facile. D'un autre côté, c'est une arme puissante,

τυσιν ἔχοντα. Τὸ δὲ μέγιστον καὶ πρω-
τεῦον μακροβολεῖται καὶ ταῖς πληγαῖς
ἐστὶν εὐτονα, ἔντε ταῖς ὑπαίθροις χρεῖαις
καὶ ἐν ταῖς ναυτικαῖς στρατιαῖς ἀπαθῆ
διαμένει διὰ τὸ μήτε βραχέντα αὐτὰ
μήτε νοτισθέντα μηδὲν δεινὸν πάσχειν.
Τῷ δὲ νεύρῳ πᾶν τὸ τοιοῦτόν ἐστι πο-
λέμιον, οὐδ' οἷόν τε νοτισθέντων τῶν
τόνων ἢ βραχέντων μὴ φθείρεσθαι τὰ
ὄργανα. Πολλὰκις δὲ καὶ τὰ φυλασσό-
μενα περισσῶς σίεγνοις τόποις διὰ τὴν
τοῦ ἀέρος μεταβολὴν χείρονα αὐτῶν
παρὰ πολὺ γίνεσθαι [συμβαίνει]. Ὁ
δὲ χαλκὸς ἐν τε τοῖς τοιούτοις ἐστὶν
ἀφθαρτος καὶ ἐν ταῖς χρεῖαις ἀπαθὴς
διαμένει, διὰ τὸ μήτε ῥήγνυσθαι μήτε
ἐπέκτασιν λαμβάνειν. Δύναται δὲ μετὰ
τὴν χρεῖαν εὐκόπως ἐξαιρεθεῖς ὁ τόνος
ἐκ τοῦ πλινθίου τίθεσθαι εἰς ἑλυτρον
ἐμβληθεῖς. Καὶ τοὺς ἀγκῶνας δὲ ἐστὶν
εὐκόπως ἐξελεῖν τῶν ὀχέων ἐξελευσθέν-
των, ὥστε κατὰ πᾶν μέρος καὶ εὐσταλὲς
καὶ εὐσύνθετον εἶναι καὶ ἐν ταῖς ὁδοι-
πορίαις εὐφορτον.

moins sujette qu'une autre à se détra-
quer, car elle tient sa force balistique
NON DES NERFS, -MAIS DU BRONZE ³⁰⁷. En-
fin sa qualité suprême, sans rivale,
c'est la longue portée et la vigueur de
son tir, qui ne s'affaiblit jamais durant
l'action, sur mer comme sur terre. Son
organe moteur est, en effet, à l'épreuve
de la rupture, de l'humidité ou de
tout autre accident. Pour les nerfs, ces
circonstances sont funestes. Dès que
les faisceaux sont mouillés ou rompus,
inévitavelmente la machine est bientôt
détraquée. Souvent même le soin
qu'on prend de l'abriter en un local
soustrait aux influences atmosphéri-
ques ne la sauve point d'une détério-
ration rapide. Le bronze, au contraire,
résiste à toutes les épreuves. L'usage
de l'arme, loin d'en rompre ou d'en
relâcher le ressort, met en évidence
toute sa vigueur pratique. Après l'ac-
tion, l'organe des ressorts ³⁰⁸, facile à
démonter, s'enlève de la cage et se
renferme dans un étui. Les bras se
 retirent avec la même facilité ³⁰⁹. Par
conséquent, à tous les points de vue,
l'arme est économique, d'un assem-
blage commode, et portative en cam-
pagne ³¹⁰.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KH. 300.

280. Tel fut le programme du χαλκότονον ὄργανον, dans les limites rationnelles des connaissances pratiques de Philon de Byzance et de ses contemporains. Fidèle à la loi du progrès, c'est-à-dire attentif à conserver, en les améliorant, les œuvres de ses prédécesseurs, Philon se montre plein de respect pour la tradition primitive. A son exemple, dans mes recherches sur la χειροβαλλίστρα, j'ai pris pour règle de ne

m'écarter jamais des indications précieuses du livre IV de Philon de Byzance. La description qu'il donne des pivots, des ressorts faciles à démonter, des battants d'une structure particulière, introduits par lui dans le *χαλκότονον*, devait éclairer pour moi d'une lumière vive le texte énigmatique de la *Chirobaliste*. Je dois au savant ouvrage de M. C. Wescher l'indice de plusieurs détails, précisés par la restitution des leçons authentiques correspondantes. Mais je dois, avant tout, à l'illustre émule de Ctésibius le fil d'Ariane qui m'a retiré, sain et sauf, de cet obscur et périlleux labyrinthe.

PARALLÈLE ENTRE LES *Καμβέσρια* D'HÉRON D'ALEXANDRIE ET LES *OSCILLA*
OU *ANISOCYCLI* DU SCORPION, SELON VITRUE.

281. Pour compléter l'étude des origines et des perfectionnements des ressorts métalliques, appliqués à la balistique des anciens, je dois rendre compte du rapprochement que j'ai tenté de faire entre les ressorts ou *καμβέσρια* de la chirobaliste, et les *anisocycli* ou *oscilla*, assignés au scorpion par un passage extrêmement important de Vitruve³¹¹.

Dans mon *Introduction historique*, j'ai cité³¹² les divers témoignages qui font dériver la *manubaliste* du *scorpion* primitif. Que celui-ci d'abord ait été *euthytone*, Héron d'Alexandrie en fait foi. Mais qu'il soit bientôt devenu *palintone*, en conservant seulement la monture et le tiroir de l'euthytone, c'est ce qui résulte de la structure même de la chirobaliste.

282. Or, à propos du *scorpion*, voici le passage en question de Vitruve :

« *Organa autem unius ope (sic Codd. Par.) prudenti tactu perficiunt quod propositum est, uti SCORPIONIS SEU ANISOCYCLORUM VERSATIONES*³¹³. » C'est-à-dire : « Quant aux engins, l'aide d'un seul homme, adroitement mise en œuvre, comme dans le JEU DU SCORPION, JE VEUX DIRE DES ANISOCYCLES, suffit pour en assurer l'effet. »

283. Qu'étaient-ce donc que les anisocycles ?

J'observe d'abord que Vitruve assimile cet organe, formé de *cercles inégaux*, au scorpion lui-même. *SEU* exprime l'IDENTITÉ.

D'un autre côté, *versationes* signifie partout, dans Vitruve, *mouvement rotatoire*. Mais il peut s'appliquer également à l'*oscillation*, *mouvement rotatoire alternatif*. Sénèque³¹⁴ l'emploie dans ce sens, en parlant du mouvement *oscillatoire* qui accompagne le tremblement de terre.

Le scorpion, signalé ici par Vitruve, avait donc pour organe principal un mécanisme formé de *cercles inégaux*, à *détente vibratoire*, manœuvré par un seul homme et doué d'une justesse remarquable.

284. J'y verrais volontiers les *καμβέσθρια* d'Héron, avec leurs *ovales* (*cercles inégaux*) compressibles, à l'exclusion des ressorts à boudin, rubans en spirale, engrenages, manivelles, etc., etc., proposés par les commentateurs³¹⁵.

285. Au surplus, l'expression « *scorpionis seu anisocyclorum versationes* » laisse entrevoir que Vitruve songeait, en rédigeant ce passage, à un double système de scorpion. Après *scorpionis*, il semble se raviser et s'appliquer à mieux préciser celui des deux types qu'il veut citer pour exemple. A côté du *scorpion sidérotone*, de la *manubaliste*, Vitruve connaissait bien l'ancien scorpion *névrotone*, dont il donne ailleurs³¹⁶ la description détaillée, et qui était manœuvré par deux servants. Mais le scorpion à *ressorts* est le seul qu'il ait pu avoir en vue dans le passage qui nous occupe.

286. Malheureusement, le terme *anisocyclorum*, donné par toutes les éditions, à l'exception de la première³¹⁷, ne se retrouve dans aucun manuscrit de Vitruve. La remarque est de Schneider³¹⁸. Le mot *ἀνισόκυκλος* ou *ἀνισόκυκλον* est inconnu dans les lexiques grecs; et, s'il fallait le maintenir dans Vitruve, *anisocycli* serait préférable au neutre *anisocycla*, adopté par tous les commentateurs.

287. Schneider observe qu'*anisocyclorum* est une conjecture de Giocundo, deuxième éditeur de Vitruve³¹⁹, connu pour la témérité de ses interprétations.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

A la place de ce mot, Sulpicius met *latiniso scidorum*. En outre, dans deux mss. très-anciens (x^e et xi^e siècle) de Paris, je lis :

et *LATIONISOS CICLORUM* (Cod. Par. lat. 10277)³²⁰.

LATIONIS OSCICLORUM (Cod. Par. lat. 7227)³²¹.

288. Deux autres mss. plus récents (xiv^e et xv^e siècle) de Paris donnent :

et *LATINI SCASCICLORUM* (Cod. Par. lat. 7228)³²².

LATINI SOSCIDORUM (Cod. Par. lat. 7382)³²³.

289. Schneider cite les variantes analogues de quelques autres mss. de Vitruve³²⁴. Celui de Franeker³²⁵, le plus célèbre de tous, donne :

LATIONISOSCYCLORUM.

Les autres se rapprochent sensiblement des formes citées plus haut.

290. Enfin le savant éditeur de Vitruve signale³²⁶ la correction *Latinis oscillatorum* proposée par Is. Voss, qui voit dans les *oscilla* « un jeu « spécial connu des acrobates et inventé PAR LE ROI LATINUS; » sans doute l'*escarpolette* ou la *balançoire*. « Hæc Vossius, quæ equidem non intelligo ! » ajoute Schneider.

291. Observons, comme il le dit lui-même, que, les divers manuscrits de Vitruve dérivant tous d'un original unique, leurs nombreuses variantes sont exclusivement l'œuvre des copistes³²⁷. Parmi celles qu'on vient de lire, la désinence *isociclorum* paraît dominer. *Scidorum*, donné par Sulpicius et par le manuscrit 7382 de Paris, résulte simplement de la liaison de *c* avec *l* à la suite, changée en *d* par le copiste : *cl* = *d*. Mais *lati*, tête du mot, se retrouve partout identique. Les plus anciens manuscrits de Paris donnent même très-distinctement, *lationis*. Comment interpréter cette énigme ?

292. La conjecture de Voss, dégagée de son bizarre commentaire ; rétablirait ainsi le passage de Vitruve : « SCORPIONIS SEU LATINIS OSCIL-
« LORUM VERSIONES. » C'est-à-dire : « LE BATTEMENT DU SCORPION OU,
« POUR LES LATINS, DES OSCILLA (*ressorts*). »

Oscillum correspond, en effet, au mouvement *pendulaire*. Tertulien³²⁸ l'applique au *va-et-vient* des coups du bélier. *Versationes*, on l'a vu, a la même signification dans Sénèque, mais Vitruve l'applique d'ordinaire au mouvement *rotatoire continu*. *Oscillorum versationes* impliquerait donc l'idée du *battement angulaire*, tel que celui des bras du scorpion. Or ces bras faisaient partie intégrante de l'organe balistique.

293. Il y a plus : *Oscillum* dérive d'*os*, *bouche*, que l'on retrouve dans *oscitare*, *baïller*. Le *va-et-vient* de la bouche, dans la mastication, a fourni l'étymologie figurative du terme *oscillari*, *osciller*. Dans les *ovales* des *καμβέσῳρια*, une déformation analogue à celle de la bouche se produit à chaque coup. Une fois l'engin armé, les ovales s'ouvrent et se rapprochent de la forme circulaire. De là, ainsi qu'on le verra plus loin³²⁹, l'étymologie figurative de *καμβέσῳρια*, mot qui signifie *ressorts grinçants*. Je le fais dériver, en effet, de *καμπ*, radical de *κάμπτεω*, *courber*, *cambrer*; et de *σῳρι*, radical de *stridere dentibus*, *grincer des dents*, ouvrir la *bouche en rond*, *en cœur*; les deux radicaux étant soudés ensemble par un *ε* euphonique, moyennant le changement de *π* en *ς*, *sons identiques* à la suite de *μ* : *καμπ-σῳρι-ον* = (*καμς*)έ(σῳρι)ον.

Ces diverses analogies conduiraient donc à penser que Vitruve, arrêté par un terme grec de ce genre, aura tenu à l'expliquer en *latin*, respectant autant que possible l'étymologie métaphorique du texte original.

294. Ainsi, soit que l'on adopte la leçon de Voss ou la conjecture de Giocundo, le passage précité de Vitruve laisse entrevoir, dans le *scorpion* portatif, un organe *oscillant*, *élastique*, *puissant* et *sûr*. A tous les points de vue, entre les *ovales* d'Héron et les *anisocyli*, entre les *καμβέσῳρια* et les *oscillorum versationes* de Vitruve, l'analogie est frappante. D'où l'on pourrait conclure que l'auteur latin, en citant pour modèle d'engin de précision le *scorpion*, a voulu signaler la *χειροβαλλίσῳρια* elle-même.

295. Si cette conjecture paraît plausible, il en résultera :

1° Que les engins balistiques à *ressorts de métal*, inventés en Égypte

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

moins de deux siècles avant l'ère chrétienne, étaient connus à Rome du temps de César Auguste.

2° Que ces engins, mus par *un seul homme*, étaient portatifs et du type *scorpion*, servant exclusivement à lancer des *dards*, comme les *scorpions névrotones* d'Héron, de César et de Vitruve.

3° Que si ces derniers, d'épure *euthytone*, au dire d'Héron et de Vitruve, étaient appliqués en grand dans les légions romaines, il faut admettre, comme le prouve la Chirobaliste, que les *scorpions à ressorts* étaient *palintones*, ce qui en assurait la commodité et la puissance. A module égal, nous avons vu que le *palintone* à fibres tordues est de trois à quatre fois plus fort que l'*euthytone*³³⁰. Avec les ressorts métalliques, sa puissance était plus que double.

4° Que les machines à *ressorts* étaient renommées pour la simplicité et la précision de leur manœuvre.

5° Que les Romains avaient créé, dans leur propre langue, un terme équivalent, pour l'étymologie figurative, au nom donné primitivement par les Grecs aux ressorts de ces engins.

6° Que l'adoption des ressorts par les Romains fut assez prompte; les conquérants, fidèles à leur coutume, ne mettant aucun retard à munir leurs légions d'une arme sûre, portable et puissante, comme l'était la *manubaliste*.

7° Enfin, qu'à l'époque des campagnes de Gaule (58 à 45 av. J. C.), cet engin figurait déjà probablement dans l'artillerie de campagne. Dans César, *scorpio* est toujours une machine à lancer des traits³³¹. *Balista* se dit habituellement du jet des pierres³³². Vitruve respecte cette classification. Mais il range la *catapulte* à côté du *scorpion*, tandis que, dans César, la catapulte est un *pierrier*³³³; ce qui ferait supposer que le grand historien donnait ce nom au *pierrier-fronde*, c'est-à-dire à l'engin *μονάκων* des Grecs, à battant vertical. Toutes ces machines étaient *névrotones*. César les appelle en bloc *tormenta*³³⁴. Mais on lit dans Hirtius³³⁵: « Scorpionum, catapultarum, ceterorumque telorum... magna nam copiam habebat. » Les *manubalistes* figuraient donc probablement, vers l'an 46 avant J. C., dans le matériel de la campagne d'Afrique.

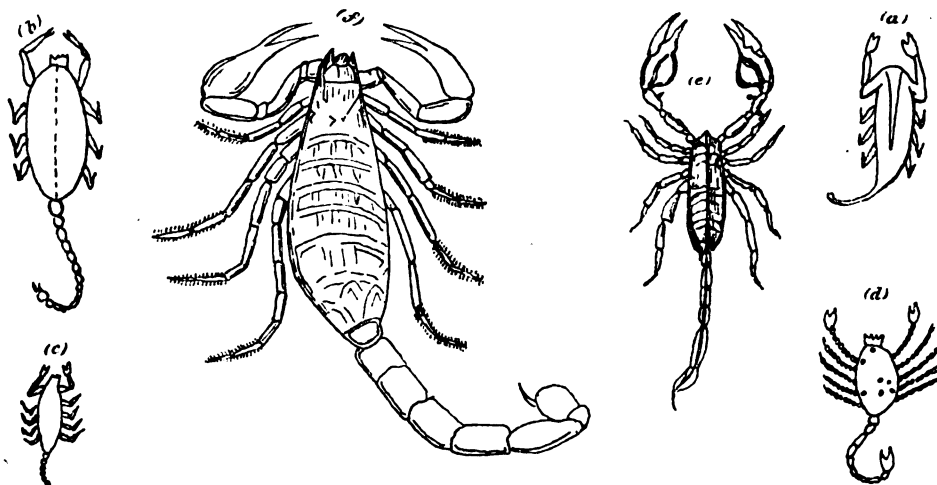
RESTITUTION DU SCORPION PAR ANALOGIE FIGURATIVE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

296. Nous avons donné, au sujet du *scorpion*, les définitions diverses fournies par Tertullien, Végèce et Ammien Marcellin. Ces auteurs les appuient sur la ressemblance du dard de l'insecte avec la flèche subtile et mortelle de l'engin de même nom. Héron d'Alexandrie, plus ancien et mieux renseigné, attribue le nom de *σκορπίος*, appliqué à l'arme de guerre, à une similitude de forme, ἀπὸ τῆς περὶ τὸ σχῆμα ὁμοιότητος³³⁶. L'analogie du dard est donc insuffisante.

297. Nous reproduisons ci-dessous (fig. 16) plusieurs croquis de l'insecte, d'après les monuments antiques et d'après les données de la science entomologique.

Fig. 16. Scorpions.



a Scorpion du planisphère du petit appartement du temple de Tentyris (Denderah) d'après Denon³³⁷.

b Scorpion du Zodiaque du plafond du portique de Tentyris, d'après Denon³³⁸.

c Le même d'après Dupuis³³⁹.

d Scorpion du planisphère des travaux de Thésée, d'après Dupuis³⁴⁰.

e Scorpion roussâtre, d'après M. Duméril³⁴¹.

f Scorpion roussâtre (*occitanus*), d'après M. Blanchard³⁴².

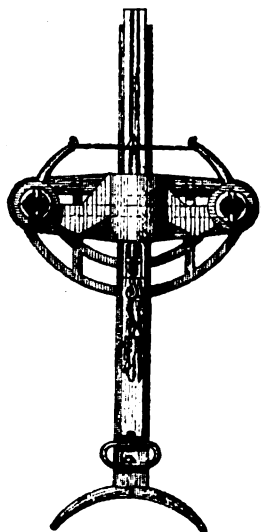
298. Les figures ci-dessus diffèrent sensiblement les unes des autres, dans le détail des formes du corps, des pattes, de la queue et

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

du dard du scorpion. Ces formes peuvent correspondre à plusieurs espèces distinctes. J'ai vu moi-même en Espagne des scorpions vivants, dont la queue avait une longueur double environ de celle du corps. Mais un point sur lequel tout le monde est d'accord, c'est celui des *bras* armés de pinces, qui se trouvent *en avant du corps* de l'insecte, et qui lui servent pour saisir et approcher de sa bouche l'objet qu'il veut dévorer. Ces deux bras sont coudés, à l'instar des bras humains; seulement le bras, comme l'avant-bras, demeure horizontal. C'est dans cette analogie de forme qu'il faut chercher la ressemblance entre le *scorpion* de guerre et l'*insecte*, signalée par Héron. Or cette ressemblance n'existe qu'à la condition de supposer l'engin *palintone*.

299. La figure 17 ci-dessous représente un croquis explicatif de l'analogie.

Fig. 17. Restitution du *Σκορπίδιον*.



Les avant-bras (*battants* de l'engin) sont seuls mobiles. Les *tables* du bâti sont découpées de manière à simuler la forme des bras. Les *barillets* représentent l'articulation des coudes. Il n'est pas douteux que les scorpions *névrotones*, les *σκορπίδια* d'Archimède, étaient dessinés d'après ce principe. C'étaient de petits engins; les madriers for-

mant les tablettes, découpées en bras, ne pouvaient, en effet, excéder les dimensions habituelles du bois.

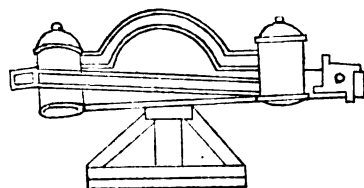
300. Le détail *retractu tela vegetantem* appliqué au scorpion par Tertullien est très-exact. C'est la traduction même du mot *παλίντονον*. A l'instant où le trait part, les avant-bras s'écartent brusquement du corps du bâti; ils *reculent*, pour ainsi dire, en s'éloignant du centre de la machine. Ils lancent le projectile par une sorte de *ruade*, *retractu*.

Les considérations ci-dessus ne peuvent laisser subsister aucun doute sur le caractère *παλίντονον* du *scorpion* antique et de son dérivé la *chirobaliste*.

ENGINS DE LA COLONNE TRAJANE.

301. Il y aurait encore à rechercher les traces de cet engin sur les bas-reliefs de la colonne Trajane. Plusieurs d'entre eux n'offrent aucune apparence de bras latéraux. Ils seraient donc *palintones*. Ce seraient des *balistes*, *scorpions* ou *manubalistes*. Leur organe balistique, caché dans des tourelles formant les ailes de l'embrasure, était probablement analogue, peut-être même en tout semblable aux *καμβέσθρια*. Les tourelles, peu volumineuses, permettent de le supposer. Des faisceaux névrotones seraient plus encombrants. Cependant ces tourelles sont surmontées de chapeaux qui sembleraient indiquer la présence de barillets. Dans toutes les figures de ces engins, l'embrasure est absolument libre. Il n'y a pas de trace de colonnettes. C'est un progrès sur la *χειροβαλλίστρα*; mais il n'était guère applicable qu'à des machines sur affût fixe ou roulant. Le poids des tourelles permettait d'y arc-bouter directement le linteau de l'embrasure.

Fig. 18.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Je crois devoir réserver pour un grand travail d'ensemble, que je prépare sur l'Artillerie antique, l'étude détaillée de la question. Pour le moment il me suffit de signaler les analogies qui précèdent, et de les rendre intelligibles par la figure 18 ci-dessus, empruntée aux bas-reliefs de la colonne Trajane, et qui représente une *manubaliste* des Daces.

TROISIÈME PARTIE.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

302. Au § XII de l'*Introduction historique*³⁴³, j'ai donné un tableau d'ensemble des manuscrits aujourd'hui connus de la *Χειροβαλλίστρα*. Avant de présenter la traduction de l'opuscule, je crois devoir compléter le tableau des manuscrits en indiquant, avec la date de chacun d'eux, les sigles abrégatives choisies antérieurement pour les désigner, et aussi l'endroit où l'opuscule d'Héron se trouve dans ces manuscrits. Je complète ces données par quelques explications sur les notations spéciales de mon nouveau commentaire.

MANUSCRITS.	FOLIOS.	SIÈCLE.	NOTATIONS OU SIGLES.			OBSERVATIONS
			Présente édition.	Édition Vincent.	Édition Wescher.	SUR LES NOTATIONS OU SIGLES du nouveau commentaire paleographique.
1° PRINCIPAUX.						
1. <i>Mynas</i> , Paris, <i>suppl. gr.</i> 607.....	<i>Ol. μα. Ol. μν.</i> 56 r° à 58 v°	av. le x°	M	M	M	Les passages empruntés à <i>M. Wescher</i> , dans le commentaire nouveau, sont imprimés en italiques. — Les sigles libres, telles que M, F ₁ , P ₇ , P ₈ , P ₉ indiquent des variantes déjà éditées. — La parenthèse (M) ou (F ₁ , P ₂ , P ₇) indique des variantes inédites avant ce jour. Les éditions antérieures sont indiquées par les abréviations suivantes: BOU BALD = BALDI (Augsbourg, 1616, petit in-4°) — TH. ou THÉV. = THÉVENOT (<i>Math. vet.</i> Paris, 1693, grand in-4°). — PR = PROU (1 ^{re} édition, Paris, 1862, grand in-8°) — VT ou VIC. = VINCENT (Paris, 1866, petit in-8°) (PR) = (PROU), édition actuelle.
2. <i>Vienne</i> 120, <i>olim</i> 113...	12 r° à 14 v°	xvi°	F	"	F	
3. <i>Médicis</i> , Paris 2442, de la recension byzantine...	68 v° à 70 v°	xi°	P	F	P	
4, 5, 6. <i>Vatican</i> , 1164, 219 et 220 (recens. byz.)	107 v° à 109 v° 17 v° à 20 v°	xv°, xv°	V V ₁ V ₂	"	V V ₁ V ₂	
2° SECONDAIRES.						
7. <i>Vienne</i> 140, <i>olim</i> 110...	59 v° à 63 r°.	xvi°	F ₁	L	F ₁	
8. <i>Paris</i> , 2435, rec. byz...	14 r° à 16 r°	xvi°	P ₁	A	P ₂	
9. <i>Id.</i> 2436, <i>id.</i> ...	10 v° à 12 v°	xvi°	P ₂	B	P ₃	
10. <i>Id.</i> 2437, <i>id.</i> ...	17 r° à 19 v°	xvi°	P ₃	C	P ₄	
11. <i>Id.</i> 2438, <i>id.</i> ...	14 v° à 17 r°	xvi°	P ₄	D	P ₅	
12. <i>Id.</i> 2439, <i>id.</i> ...	58 r° à 61 r°	xvi°	P ₅	E	P ₆	
13. <i>Id.</i> 2445, <i>id.</i> ...	127 v° à 129 v°	xvi°	P ₆	G	P ₈	
14. <i>Id.</i> 2521, <i>olim</i> 4717, Colbert. Recens. byzant.	21 v° à 24 v°	xvi°	P ₇	H	P ₉	
15. <i>Paris</i> , 26, <i>suppl. grec</i> , recens. byzant.....	21 v° à 23 r°	xvi°	P ₈	I	P ₁₀	
16. <i>Paris</i> , 244, <i>suppl. grec</i> , recens. byzant.....	29 r° à 30 v°	xviii°	P ₉	K	P ₁₁	

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ΗΡΩΝΟΣ ΧΕΙΡΟΒΑΛΛΙΣΤΡΑΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ¹.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON.

303.

[A. ΣΥΡΙΓΓΙΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΛΙΔΙΟΣ ΚΑΤΑ- [I. SYRINGIS DIOSTRÆ ET CATA- [I. COULISSE, TIROIR ET GROSSE².]
ΣΚΕΥΗ.] GOGIDIS CONSTRUCTIO.]

B. 64. Th. 115.
Pr. 18. Vt. 46.
W. 123.

α. Γεγονέτωσαν κανόνες 1. Fiant regulæ duæ AB 1. Soient deux pièces^b
δύο πελεκινωτοί³, οἱ ABΓΔ³, et GD, in quadrangulos car- AB et GD, profilées à rai-
έν τετραγώνοις πελεκίνοις⁴, dines securiclatæ, quarum al- nure et languette en queue

¹ Ἡρωνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία] Titulum hunc ex Th. dedit Wescher. Habent (P₁ P₄ P₈) Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ tantummodo habet F. — Συμμετρία MPV F₁ (P₁ P₂ P₃ P₆ P₇ P₈ P₉) — Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως ex F₁ ponit Vincent — Τοῦ αὐτοῦ Ἡρωνος Baldus. — Χειροβαλλίστρας (P₈). || ² πελεκινωτοί] sic codd. et edit. omn., præter F, ubi πελεκίνω τῷ ἰ legitur. || ³ οἱ ABΓΔ] sic in codd. plerisq. minusculis litteris legitur; verum ubique uncialibus exarat Wescher. Prior unciales admisit Vincent. — αβ γδ Baldus — αβ, γδ primus divisi — οἱ αβ. γδ habet F, ex confusione litterarum β et ω. — οἱ αβ γδ habet (P₇). || ⁴ έν τετραγώνοις πελεκίνοις] sic codd. pleriq. et edit. omnes. — πελεκίνοις omittit. F. — τητραγώνοις F₁ — τετραγώνων (P₈) — τετραγόντες (P₉).

^a Les cinq paragraphes de la *Chirobaliste* ne portent aucun titre spécial dans les manuscrits, ils sont seulement séparés par les figures. Baldi et Thévenot se sont abstenus de les distinguer par des sous-titres. Dans ma première édition, je n'ai donné de sous-titre qu'à la traduction. M. Vincent, le premier, a intitulé les §§, κεφάλαιον A, B, etc., entre crochets. M. Wescher les désigne, à la marge, par πρῶτον, δεύτερον, etc. . . . Ξεώρημα. Ce dernier terme existe, en effet, dans le corps du texte. En outre, il admet les sous-titres suivants : [Κανὼν Θῆλυς, κανὼν ἀρῆν] — [Περὶ τῆς Κλείσεως] — [Καμβέστρια] — [Καμάριν] et [Κωνοειδῆ]. Les titres

étant facultatifs, j'ai composé les miens, à la manière de ceux d'Athénée (Th. 1 à 11; W. 3 à 36) et de Jules l'Africain (Th. 275 à 316).

^b Pièces, Κανόνες. Le mot κανὼν a en grec la même signification vague que le mot pièce en français. Faute d'équivalent, les Latins le traduisent par *regula* (cf. Vitruve, *Schn.* I, 290-296), mais seulement lorsqu'il s'agit d'une pièce de bois rectiligne. Thévenot rend κανόνες par *canones*, qui n'explique rien. En 1862, j'avais traduit ce mot par *règles*, qui a trop de précision pour rendre partout le sens du grec. M. Vincent a conservé le mot *règles*.

ὦν ἑήλως⁵ μὲν ἐστὶν ὁ AB⁶, *tera sit femina* AB, *altera*
ἀρῆρην⁷ δὲ ὁ ΓΔ. *vero masculus* GD.

d'aronde^c. De ces deux pièces, soit AB la femelle et GD le mâle^d.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

β. Καὶ τὸ μὲν μήκος ἐχέτω 2. *Longitudinem autem habet* AB *pedum trium et digitorum quatuor, latitudinem autem digitorum III ac dimidii, crassitudinem autem digitorum IV cum dimidio.*

2. La pièce AB doit mesurer : longueur, trois pieds et quatre doigts^e; largeur, 3 doigts et demi; et épaisseur, 4 doigts et demi^f.

⁵ ἑήλως] sic plerique codd. et edit. omnes. — ἑήλως habet P — ἑήλως V (P₇) — ἑήλως (F₁ P₃) ἑήλως (P₃). || ⁶ ὁ AB] sic omnes codd. et edit., excepto F, ubi ὁ ἀω legitur, ex confusione litterarum β et ω. || ⁷ (ἀρῆρην)] sic MFPV (P₃ P₄ P₅ P₆) Baldus. Ex. Th. dederam. Ponit Vincent — ἀρῆρην F₁ (P₁ P₆) Wescher — ἀρῆρην (P₇) — ἀρῆρην (P₉). || ⁸ ὁ AB] ὁ ἀω iterum F. || ⁹ (πώδας τρεῖς)] ex F₁ scripsi, quippe sit numerus certior, quum in bonæ notæ codice vocabulo integro exaratus invenitur. — πώδας Γ vel γ vel γ' ceteri codd. — γ Baldus. — γ' ex Th. dederam. — γ ponit Vincent. — Γ Wescher. || ¹⁰ τέσσαρας] ex (P₁ P₆) scripsi; jam prius ex Th. dederam. — Δ plerique codd. Ponit Wescher; — Δ dederat Baldus. Ponit Vincent. || ¹¹ πλάτος δακτύλου] sic Wescher ex F — πλάτος habet M. — Post. πλάτος inserunt ἐχέτω PV, et ceteri codd. Baldus. Ex Th. inserueram. Ponit Vincent. Omittunt MF, recte ut videtur, nam redundat; ex Wescher omisi. || ¹² (ΓC)] sic Wescher. Habent plerique codd. verum minusculis exaratum. — δς Baldus. — γ'ς ex Th, dederam; γ< Vincent. — Mendose γ habent (P₄ P₆). — In (P₄) post γ legitur τὸ δὲ πλάτος ὡς βς τὸ δὲ πλάτος δακτύλου ὁ ἀδ. ἔχέτω δὲ τὸ βῆθος τοῦ αἵ κανόνος, κ.τ.λ. || ¹³ (ΔC)] ex Wescher scripsi. Habent MF. — δς vel δς ceteri codd. — δ Baldus — δ'ς ex Th. dederam — δ< scripsit Vincent.

^c Mot à mot : « A PROFIL EN FER DE HACHE, DE FORME QUADRANGULAIRE; *πελεκίνοιοι*... ἐν τετραγώνοις *πελεκίνοιοι*. » Le fer de hache grec répond à l'image moderne de la queue d'aronde. Dans la *Bélopée* (Th. 123, KR. 204, W. 75), Héron appelle *σωλήνα πελεκινοειδῆ* la rainure en queue d'aronde, et *ἀρῆρην ἰσομήκης* la languette de même profil, emboîtée (*ἀρμοστός*) dans la rainure de la coulisse du *gastrophète*. Un peu plus loin, cette rainure est appelée *πελεκίνος*. Peut-être voudrait-on distinguer *πελεκινωτός*, à queue d'aronde saillante; et *πελεκίνος*, à queue d'aronde rentrante. On traduirait alors : « Soient « deux pièces... munies de queues d'aronde, « de forme quadrangulaire et profilées, l'une « en saillie et l'autre en creux. » Je n'oserais l'accorder. En effet, on lit plus loin (*Chirob.* I, 8) : ἡ μὲν ΕΔ ἐστὶν ἀρῆρην πελεκίνος, καὶ ἀρμοστός γεγονέντω τῷ ἑήλει πελεκίνῳ τοῦ ΑΒ σωλήνος. — Thévenot traduit simplement : *in quadratis dolatis*. Vitruve (*Schn.* I, 291) dé-

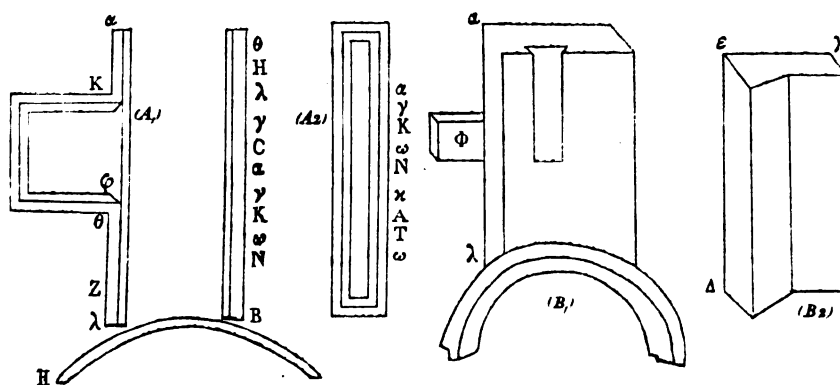
signe la queue d'aronde par *securiclatus cardo*, que j'ai adopté pour ma traduction latine. M. Vincent traduit : *façonnées en fer de hache quadrangulaire*. Le terme *façonnées* manque de précision; *profilées* peut seul convenir pour désigner des pièces rectilignes de section transversale uniforme sur toute la longueur.

^d Pièce femelle, pièce mâle, expressions figurées, empruntées aux Grecs et aux Latins par la technologie moderne. Dans la *Bélopée* (TH. 124, KR. 204, W. 77) Héron appelle la pièce femelle *σύριγξ*, COULISSE; et la pièce mâle *διόσπρα*, TIROIR. Ces noms conviennent parfaitement pour la *Chirobaliste*; toutefois, dans la traduction française, je laisse partout les termes vagues, afin de montrer les difficultés particulières qui s'opposaient à l'interprétation. Si les diverses pièces de la machine y portaient les noms que leur assigne la *Bélopée*, la reconstruction du système eût été beaucoup plus facile.

^e Le pied grec, de 308 millimètres de lon-

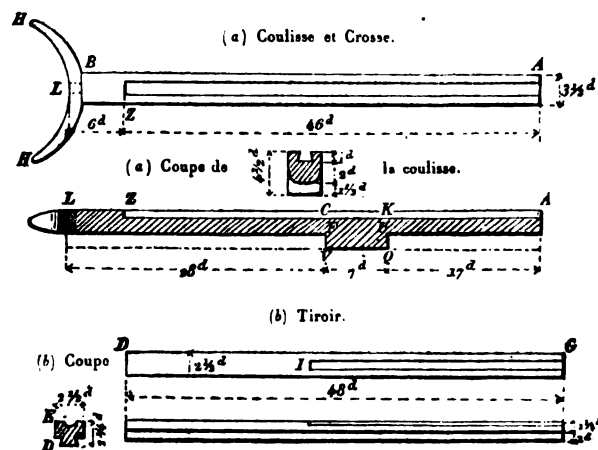
I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 19. Coulisse, Crosse et Tiroir de la Chirobaliste d'après les manuscrits.



(A₁) et (A₂), ms. de Mynas. — (B₁) et (B₂), ms. de Medicis (Paris, 2442).

Fig. 20. Restitution de la monture de la Chirobaliste.



γ. Ὁ δὲ ΓΔ τὸ μῆκος ἐχέ-
τω πλάτος Γ¹⁴, τὸ δὲ πλάτος
ὡς [δακτύλους]¹⁵ BC¹⁶, τὸ δὲ
πλάτος δάκτυλον Αδ'¹⁷.

δ. Ἐχέτω δὲ τὸ βάθος ὁ
σωλήν τοῦ ΑΒ κανόνος δάκ-
τυλον ενα¹⁸. Τοῦ δὲ ΑΒ¹⁹

3. *Habeat autem GD lon-
gitudinem pedum III, latitu-
dinem [digitorum] quasi II
ac dimidii, crassitudinem di-
giti I et partis quartæ.*

4. *Canaliculi autem regulæ
AB crassitudo sit digiti unius.
Excavetur autem regula AB*

3. La pièce GE doit me-
surer : longueur, 3 pieds ;
largeur, environ 2 [doigts]
et demi : et épaisseur, 1 doigt
et quart^a

4. La rainure profilée
dans la pièce AB mesure un
doigt de profondeur^b. Sa

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 124.

¹⁴ {πλάτος Γ} sic Wescher ex codd. præcipuis — γ vel γ' ceteri et Baldus — γ' ex Th. dederam — γ scripsit Vincent. || ¹⁵ [δακτύλους] uncis seclusum ex Wescher scripsi. Omittunt ceteri codd. et edit. excepto Vincent, qui recte coniecit restituendum, verum uncis omissis scripsit, quasi ex aliquo excerptum codice. — ποδῶν δύο, δακτύλων 5 Baldus marg. || ¹⁶ (BC) ex Wescher scripsi. Dedit Baldus. Habent codd. plerique. — δύο ἤμισιν (P₁ P₂ P₆ P₉) ex Th. dederam. Minoribus illis codicibus auctoritas incerta. — βλ. scripsit Vincent. || ¹⁷ Αδ' sic Wescher ex Vincent, quasi prior iste ex F₁ restituerit. Primus ipse αδ' conieceram; αδ' scripsit Vincent. — Α ἐχέτω Μ — ενα F — α· ἐχέτω habet F₁ — ὁ ΑΑ habent PV — ὁ Αδ (P₃ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) — ὁ δὲ αδ (P₁ P₂ P₄) — εαδ Baldus, unde Th. || ¹⁸ δάκτυλον ενα] scripsi ex F, cujus auctoritas certiorum numerum efficit. — δάκτυλον Α quasi ex M ponit Wescher; verum prior δάκτυλον α dederat Vincent. — Mendose ΑΕ vel αε ponunt ceteri codd. ipseque Baldus. αε Th. unde α'ε" prius conieceram. || ¹⁹ Τοῦ δὲ ΑΒ] et sequentia usque ad σεωληνίστω desunt in F₁.

gueur se divise en 16 doigts de 19 millimètres. Le pied et le doigt sont les seules mesures usitées par Héron dans la *Bélopée* et dans la *Chirobaliste*. Mais ce dernier traité n'offre pas la moindre trace du calcul des dimensions par module, méthode si familière aux ingénieurs grecs et romains. Je démontrerai que la *Chirobaliste* a son module particulier, de 3 DOIGTS ET DEMI, dont les subdivisions permettent de retrouver exactement un grand nombre de dimensions de l'engin, laissées vagues par l'auteur.

^a La coulisse mesure donc : longueur = 52 doigts = 988 millimètres ; largeur = 66 $\frac{1}{2}$ millimètres ; épaisseur = 85 $\frac{1}{2}$ millimètres.

^b Le tiroir mesure donc : longueur = 912 millimètres, largeur = 47 $\frac{1}{2}$ millimètres, épaisseur = 23 $\frac{3}{4}$ millimètres. — Pour la largeur, le texte dit τὸ δὲ πλάτος ὧς [δακτύλους] BC, ENVIRON 2 $\frac{1}{2}$ doigts. D'où vient cette restriction ? Dans la coulisse, la largeur est de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, c'est-à-dire, comme on le verra bientôt, de 1 module. Philon et Vitruve ne disent rien de cette largeur normale de la coulisse, qui se

trouve ici restituée par la *Chirobaliste*. La largeur du tiroir a pu être fixée d'une façon analogue ; or les 2 $\frac{1}{2}$ doigts ci-dessus expriment environ $\frac{2}{3}$ de module. La dimension juste, dissimulée sous le ὡς δακτύλους BC, serait donc égale à $\frac{2}{3}$ de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, soit à 2 $\frac{1}{2}$ doigts. Le degré d'approximation serait de $\frac{1}{4}$ de doigt = 3 millimètres environ. Mais, tout bien considéré, 2 $\frac{1}{2}$ doigts, étant le double de la hauteur du tiroir, dont la section a 2 de base pour 1 de hauteur, sont la dimension vraie. — Voir la discussion de l'emploi abusif du mot ὡς, spécial à Héron d'Alexandrie, § XVI de l'Introduction historique (cf. n° 128-130).

^c Thévenot traduit ἐχέτω δὲ τὸ βάθος τοῦ ΑΒ κανόνος par *tubus canonis AB habeat in profunditate*. J'emprunte à Vitruve (*Schn.* I, p. 291) l'expression correcte *canaliculi... crassitudo*. — Dans la phrase suivante, M. Vincent substitue κανόνος à σωλήνος, fourni par la plupart des manuscrits. Pourtant la rainure de la coulisse justifie bien ce nom de σωλήν que l'auteur lui donne, à défaut peut-être du terme spécial.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

VL 48.

σωλήνος²⁰ ἢ μὲν AZ²¹ σεσω-
ληνίσθω²² οὐσα ποδῶν BC
δακτύλων ζ²³. λοιπὴ ἔρα
ἐστίν ἢ ZA²⁴ δακτύλων ζ²⁵.

ε. Ἀπειλήφθω²⁶ δὲ πάλιν²⁷ τοῦ AB κανόνος ἢ AΘ²⁸
ποδὸς A ἡμίσεως²⁹ καὶ δακ-
τύλων Δ³⁰. ἢ δὲ AK³¹ ποδὸς
ένος³² καὶ δακτύλου ένός³³.

in canaliculam AZ, ad longi-
tudinem pedum 11 cum dimi-
dio et digitorum VI; exstat
igitur spatium ZL digitorum
VI.

5. Sumatur autem nunc e
regula AB longitudo LC pe-
dis 1 cum dimidio et digitorum
IV; longitudo quoque AK pe-
dis unius et digiti unius; exstat

longueur, comptée de A en
Z sur la pièce AB, est de
2 pieds et demi et 6 doigts.
La portion restante ZL est
ainsi de 6 doigts.

5. Maintenant, le long
de la pièce AB, prenons la
longueur LC, de 1 pied et
demi et 4 doigts; puis, la lon-
gueur AK, de 1 pied et un

²⁰ σωλήνος] deest in MF. Habent PV, ceterique codd. Ponit Baldus. Ex Th. dederam. — κανόνος, ommissis uncis, substituit Vincent; uncis vero seclusum admisit Wescher: verum regulæ AB, in quam σεσωληνίσθω canalis AZ ad longitudinem XLVI digitorum, σωλήνος melius quam κανόνος vocem congruere patet. || ²¹ ἢ μὲν AZ] sic Wescher quasi ex MF. Prior Vincent. — ὁ μὲν OZ ponunt PV, minoresque codd. Baldus et Th. — ἢ μὲν οὗ prius conieceram. || ²² σεσωληνίσθω] ἐσίλω-
νείσθω habet F. — σεσωμηνίσθω (P₇) — σεσωληνίσθω (P₈). || ²³ (BC δακτύλων ζ) sic quasi ex codd. præcip. dedit Wescher — βζ δακτύλων ζ habent ceteri — βζ δακτύλων ζ Baldus — βζ δακτύλους ζ²⁴ Th. βζ [καὶ] δακτύλων ζ prius conieceram — BZ δακτύλους ζ Vincent. || ²⁴ ZA] sic codd. omnes et Baldus. Ex Th. dederam. — ZB coniecit Vincent ponitque Wescher, non recte, ut mihi videtur, quippe ἡ λοιπὴ [γραμμὴ] non aliter potest ex figura (confer W. p. 125) quam notatione ZA designari. || ²⁵ ζ] sic plerique codd. Baldus, Vincent et Wescher ponunt. — εξ (P₁ P₃) unde Th. ex quo dederam. || ²⁶ (Ἀπειλήφθω)] ἀπηλήφθω F. || ²⁷ (πάλιν)] Omisit Vincent. || ²⁸ ἢ AΘ] ἢ [μὲν] AΘ uncis seclusum ponit Vincent; AΘ figuræ (confer W. p. 125) congruit — ἢ AΘ ex MF ponit Wescher, — ἢ αθ habent PV et cet. codd., ex confusione uncialium A et α. — Post αθ ponit ἀπὸ αε Baldus, — ἢ αθ Th. — ἢ αθ ex mutila figura conieceram. || ²⁹ ποδὸς A ἡμίσεως] sic W ex M — ποδὸς ένός ζ habet F — ποδὸς AC habent PV — ποδὸς αζ vel αζ codd. ceteri — ἀπὸ αε Baldus — αζ ex Th. dederam — αζ Vincent. || ³⁰ (Δ)] τέσσαρας (P₆) — δ Vincent. || ³¹ AK] sic W. quasi ex MF. Prior Vincent. — K vel κ cet. codd. Bald. et Th. — βκ prius conieceram. || ³² ποδὸς ένός] sic prius ex Th. dedi. Habent F (P₁ P₄) — ποδὸς A habent MPVF₁ (P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₉) Wescher — ποδὸς α Baldus et Vincent. || ³³ δακτύλου ένός] sic prius ex Th. dedi. Habent F (P₁) — δακτύλου A habent MPV. Ponit W. — δακτύλου α cet. codd. Bald. et Vincent.

Il est difficile de comprendre comment Héron d'Alexandrie, dont la *Bélopée* contient le répertoire complet de la nomenclature balistique, se montre aussi indécis dans la description des pièces les mieux connues de la *Chirobaliste*, telles que la *coulisse*, le *tiroir* et la *crosse* (voir cependant Introd. histor. § XVII).

¹ La distribution des lettres sur la figure du manuscrit de Mynas (voir M. Wescher, p. 125,

fig. 38), reproduite à l'appui (fig. 19) du présent paragraphe, montre que ZL est la seule notation logique pour la portion *pleine* de la *coulisse* à l'arrière du *tiroir*. M. Vincent la remplace par ZB: tous les manuscrits et éditions donnent ZL. — M. Vincent traduit ποδῶν BC δακτύλων ζ par 2 pieds $\frac{1}{2}$ et 6 doigts ENVIRON, restriction absente du texte; 46 doigts sont la longueur exacte.

λοιπή ἀρα ἡ ΚΘ³⁴ ἐσται δακτύλων Ζ³⁵.

ζ. Ἀπειλήφθω³⁶ δὲ πάλιν τοῦ ΑΒ κανόνος, τοῦ πάχους τῶν ΔC³⁷ δακτύλων, δάκτυλος ΔC³⁸. καὶ³⁹ τετμήσθω ἕως τῆς ΑΚ⁴⁰ καὶ τῆς ΔΘ⁴¹, ὥστε⁴² εἶναι τὸ ΚΘ⁴³ μέρος τῶν αὐτῶν⁴⁴ δακτύλων ΔC⁴⁵, τούτέστι⁴⁶ τὴν ΧΨΥΦ⁴⁷.

igitur spatium KC digitorum VII.

6. Sumatur autem rursus e digitorum IV et dimidii regulæ AB crassitudine digitus 1 ejusque dimidium, et excidatur [lignum] juxta AK et LC, ita ut pars exstans KC, eorundem digitorum IV et dimidii, deformetur in QVUFU.

doigt¹. La portion restante KC¹ mesure donc 7 doigts.

6. En outre, sur les 4 doigts et demi d'épaisseur de la pièce AB, prenons une bande de 1 doigt et demi; puis, découpons-la de A en K et de L en C, de manière à conserver à la portion KC les 4 doigts et demi primitifs¹; on obtiendra ainsi une forme [saillante] telle que QVUFU.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁴ ΚΘ] πθ prius ex Th. dedi — ἐσται ἡ πθ invertit F, — πδ Baldus, — ΘΚ conjectit Vincent mendose, quippe ex figura cod. M (cf. W. p. 125) litteræ regularum AB et ΓΔ descriptivæ DESCENDENDO ordinantur, unde ΚΘ non ΘΚ legendum esse patet. ASCENDENDO quidem legitur ἡ ΔΘ (ut supra, not. 28) sed quæ longitudo AB IMA PARTE regulæ AB IN ALTUM necesse est numeretur. || ³⁵ Ζ] sic W. quasi ex MFPV, — ζ habent F₁ (P₁ P₄ P₅ P₇ P₈) Ponunt Baldus et Vincent, — ἐπρδ (P₁ P₃ P₆). Ex Th. dederam. || ³⁶ Ἀπειλήφθω] ἀπηλήφθω FF₁ — ἀπειλήφθω Th. || ³⁷ τῶν ΔC] sic Wesc. quasi ex M. — habent PV, — τῶν δζ vel δζ' ceteri, excepto τῶν Δ (F₁) — τῶν δζ Bald. — τῶν δζ' ex Th. dederam — δζ Vincent. || ³⁸ ΔC] sic W. quasi ex M. — AZ habent FPV — αζ', αζ, αζ' ceteri codd. et Bald. — αζ' ex Th. dederam — αζ Vincent. || ³⁹ (καὶ)] Omittunt (P₁ P₆) Baldus. || ⁴⁰ (ΑΚ)] sic omnes, — αθ prius conjeceram. || ⁴¹ (ΔΘ)] sic omnes. — βκ prius conjeceram. — Post λθ lacunam quamdam F₁ indicare videtur. || ⁴² (ὥστε) ἕως τε (P₁) — ὥς τε Bald. Th. || ⁴³ ΚΘ] sic recte MF₁ Wescher — δκ Baldus — θκ cet. codd. Ex Th. dederam. Ponit Vincent, invita figura codd. M et F₁ (cf. Wescher, p. 125). || ⁴⁴ (τῶν αὐτῶν)] sic omnes. Quid vero F? || ⁴⁵ ΔC] sic W. quasi ex MPV — δζ, δc vel δζ cet. codd. — δζ Baldus, — δζ' ex Th. dederam — δζ Vincent. || ⁴⁶ τούτέστι] τούτέστι ex Th. prius scripseram. || ⁴⁷ τὴν ΧΨΥΦ] sic W. ex MF, — τὴν ex Th. omiseram. Omittunt cet. codd. Baldus et Vincent.

¹ D'après les manuscrits, la longueur LC se mesure à l'arrière, et AK à l'avant de la coalisse. M. Vincent a observé cette indication. Dans Thévenot, la plupart des lettres de renvoi du texte manquent sur la figure (p. 116), et laissent ce point incert. Dans ma première édition j'avais interverti la position des deux lignes LC et AK, considérant l'avantage qui en résultait pour le centre de gravité de la machine, rapproché ainsi de l'épaule de l'archer. On trouvera dans la synthèse de la Chirobaliste, la justification graphique de LC = 28 doigts = 532 millimètres, et AK = 17 doigts = 323 millimètres.

¹ M. Vincent écrit CK au lieu de KC. On peut voir sur le manuscrit de Mynas (Wesch. p. 125 et ci-dessus, fig. 20) que les longueurs AB et GD de la coalisse et du tiroir se lisent DE HAUT EN BAS. Il faut donc lire de même KC, pour la portion de 7 doigts = 133 millimètres située entre les lignes LC et AK. A la vérité, celles-ci se lisent en sens inverse l'une de l'autre; mais cela tient à la nécessité de les compter respectivement à partir de l'une des extrémités de la coalisse.

¹ Mot à mot : De sorte que la portion KC soit toujours de 4 $\frac{1}{2}$ doigts [d'épaisseur]. — Ita ut pars θκ sit eorundem digitorum quatuor et dimidio (Thévenot). — Il en résulte que QVUF est

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Γεγονέτω δὲ καὶ σε-
ληνοειδές⁴⁸ τι⁴⁹ σχῆμα τὸ
HB[H]⁵⁰, καὶ τρηθέν⁵¹ ἐν μέσῳ
τετραγώνῳ τρήματι⁵², συμ-
φυές⁵³ γεγενῆσθω τῷ AB⁵⁴
ἄκρῳ τοῦ⁵⁵ AB κανονίου, ὡς
τὸ σχῆμα ὑπόκειται.

η. Τοῦ δὲ ΓΔ σωλήνος⁵⁶,

7. *Fiat quoque lunatam*
quoddam [lignum] HB[H], in
medio perforatum quadran-
gulo foramine, quo aptetur ex-
tremæ parti regulæ AB, juxta
figuram supra descriptam.

8. *Regulæ autem GD por-*

7. Soit encore une pièce
HB[H], en forme de crois-
sant^m, s'adaptant par une
mortaise carrée pratiquée en
son milieu, avec l'about *LB*
de la pièce *AB*, comme l'in-
dique la figure [20].

8. Enfin, la languette *GD*,

⁴⁸ *σεληνοειδές*] sic W. ex MF. Habet quoque *F*₁ — *σωληνοειδές* ex Th. dederam. Ponunt cet. codd. Baldus et Vincent. || ⁴⁹ *τι*] omittit F. || ⁵⁰ *HB[H]*] sic ex fig. cod. M restituendum mihi videtur — *νβ* habet F. — *NB* habet P. — Frequens ista H et N uncialium confusio — *ηβ* habent *F*₁ (*P*₁ *P*₂ *P*₃ *P*₄ *P*₅ *P*₆ *P*₇ *P*₈ *P*₉). Ex Th. dederam — *νβ* (*P*₁ marg. *P*₄ *P*₆) Th. marg. — *τὸν β* Baldus, — BH Vincent, invita figura codd. M et *F*₁ (cf. W. p. 125). — HB Wescher ex MV. || ⁵¹ (*τρηθέν*)] *πρηθέν* *F*₁. || ⁵² *τρήματι*] sic W. quasi ex MPV — *σχήματι* (*P*₁) unde Th. — *τρήματι* marg (*P*₁) et Th. Prius coniecit Baldus. Posui ipse. Ponit Vincent. || ⁵³ *συμφυές*] prius omiseram — *συμφυές τε*. F. || ⁵⁴ *τῷ AB*] sic W. quasi ex F. Ponit Vincent — at *τῷ λβ* prior conieceram — *τῷ ΔB* habet M, unde *τῷ δβ* *F*₁ — *τὸ λβ* (*P*₈) Baldus — *τῷ αβ* (*P*₁) unde Th., ex confusione A et Δ uncialium. || ⁵⁵ (*τοῦ*)] Omittit (*P*₉). || ⁵⁶ *σωλήνος*] sic ex Th. dedi. Habent codd. omnes et Baldus, — *κανόνος*, uncis omissis, quasi ex aliquo codice substituit Vincent. — [*κανόνος*] igitur ponit W, mendose: quippe regulæ ΓΔ, in quam *σεσωληνίσθω ἡ ἐπιτοξίτις*, QUO CANALE dirigitur spiculum, vox *σωλήν* rectissime applicatur: canaliculi enim hujus ad bessem regulæ ΓΔ longitudo extenditur.

un tasseau en relief, comme je l'ai annoncé dans ma première édition. M. Vincent traduit comme s'il y avait *ὅστε τὸ ΚΘ εἶναι μέρος κ.τ.λ. de sorte que KC ne soit plus qu'une partie, etc.*, ce qui implique un creux au lieu d'un relief. La coulisse conserverait alors, sur toute la longueur, une épaisseur démesurée ($4 \frac{1}{2}$ doigts = 96 millimètres), au lieu des 3 doigts = 57 millimètres, résultant du découpage du tasseau. Pour appuyer son interprétation, M. Vincent semble lire *εἶναι μέρος* au lieu de *μέρος εἶναι*. Or il n'est pas douteux que *τὸ ΚΘ μέρος* est une expression indivisible, signifiant la portion KC. La construction naturelle de la phrase l'indique suffisamment. La *Bélopée* et la *Chirobaliste* fournissent de nombreuses notations semblables, dans les renvois du texte aux figures. En grec, les lettres indicatives précèdent toujours le nom de la pièce ou de la ligne qu'elles servent à désigner: τὸ ΘΚ μέρος en est un exemple. Si l'auteur avait voulu dire *ὅστε τὸ ΚΘ εἶναι μέρος τῶν αὐτῶν δακτύλων ΔC*, il aurait écrit *ὅστε*

τὴν ΚΘ [γραμμὴν] εἶναι μέρος κ.τ.λ.; comme on peut le voir au § IV, 1, de la *Chirob.*: *έχον τὴν μὲν ΓΕ ποδὸς ἐνδὸς . . . μήκος ἐκατέρας τῶν ΑΖ*. — L'interprétation de M. Vincent est donc un contre-sens, dénoncé d'ailleurs par les figures de tous les manuscrits.

^m Mot à mot: Une pièce de forme lunaire. Thévenot donne *σωληνοειδές*, terme qui s'applique mal à la forme arquée, ainsi que l'a fait remarquer M. Miller (*Jour. des Sav.* avril 1868, p. 254) à propos de la traduction à branches courbes, donnée à cette expression par M. Vincent. *Σεληνοειδές* est le terme juste, fourni par le manuscrit de Mynas et par les deux manuscrits (F et *F*₁) de Vienne, et rétabli par M. Wescher. M. Vincent (*Chirob.* p. 25) le mentionne, à la vérité, parmi les variantes du manusc. 140 (*olim* 110) = *F*₁ de Vienne; mais il n'en a pas tenu compte dans sa restitution du texte grec. La pièce lunaire en question n'est autre chose que le *refouloir* (*καταγωγίς*) ou la *crosse* du *gastraphète* de la *Bélopée*. (Voir plus haut, p. 58,

ἡ μὲν ΕΔ ἐστὶν ἀρρήν⁵⁷ πε-
λακῖνος, καὶ ἀρμολός⁵⁸ γε-
γονέτω⁵⁹ τῷ Θήλει⁶⁰ πελε-
κίνω τοῦ ΑΒ σωλήνος τῷ ΑΖ⁶¹
μέρει, τουτέστι⁶² τὸ ΔΕ⁶³
μέρος τοῦ ΓΑ⁶⁴ κανόνος.
[Σχῆμα Κ.]

tio ED masculus sit securicla-
tus, apteturque feminæ seeu-
riclatæ canaliculi AB ad
longitudinem AZ, quæ pars
fit DE ejusdem GD regulæ.
[Figura 20.]

organe mâle de la pièce GD,
doit s'emboîter exactement
dans la rainure en queue
d'aronde de la pièce femelle
AB, dont le creux AZ cor-
respond à la saillie DE de
la pièce GD*. [Figure 20.]

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

304.

[B. ΚΑΙΣΕΛΩΣ ΕΚΑΡΤΙΣΤΙΣ.]

[II. DE VINCULIS ORGANI.]

[§ II. DÉTAILS DE LA BATTERIE.]

α. Νῦν δὴ¹ τὰ περὶ τῆς
κλείσεως² ἐκθησόμεθα.

1. Nunc vero ea quæ ad
organī vincula pertinent expo-
namus.

1. Décrivons maintenant
le mécanisme du dé clic*.

B. 64. Th. 116.
Pr. 20. Vt. 50.
W. 125.

⁵⁷ ἀρρήν] sic primus dedi. Habent FVPF(P₁); in P₁ autem correctum ex ἀρρην apparet. Ponit Vincent. — ἀρρην scripsit W. — ἀρρην M (P₂ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) Bald. et Th. || ⁵⁸ ἀρμολός] ἀρμολός MF₁. || ⁵⁹ γεγονέτω] γεγονέσθω F. || ⁶⁰ (τῷ Θήλει)] τῷ Θήλυ (P₄) — τῷ Θήλυ (P₉). || ⁶¹ (τῷ ΑΖ)] sic W. quasi ex MFPV. Ponit Vincent. — τῷ ΑΖ F₁ (P₂ P₃ P₅ P₆ P₇ P₈) Bald. Th. — τὸ ΑΖ (P₁) — τῷ ΑΒ (P₄ P₅) τῷ ΟΖ conieceram prius. || ⁶² τουτέστι] sic W. quasi ex conjectura. Prior Vincent — τουτέστι F₁ Bald et Th. — τοῦτ' ἐστὶ scripseram prius. || ⁶³ τὸ ΔΕ] sic MFP. Quid vero V? Ponunt Vincent et Wescher, — τὸ δε (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₈). Ex Th. τὸ δε dederam. — τοῦ δε F₁ — τῷ δε (P₇ P₉) Baldus. || ⁶⁴ (τοῦ ΓΑ)] sic præcipui codd. Ponunt Vincent et W. — τοῦ γδ codd. pleriq. minores — τῆς γδ (P₃ P₅) Bald. — τοῦ γδ ex Th. prius scripseram.

¹ Νῦν δὴ] sic Vincent et W. ex MFP et W. ex V. — νῦν δὴτα V₂ — Αὖ δὲ Baldus — νῦν δὲ cet. codd. Ex Th. dederam. || ² κλείσεως] Restituit Vincent. Ponit Wescher. — κλίσεως cet. codd. et ed.

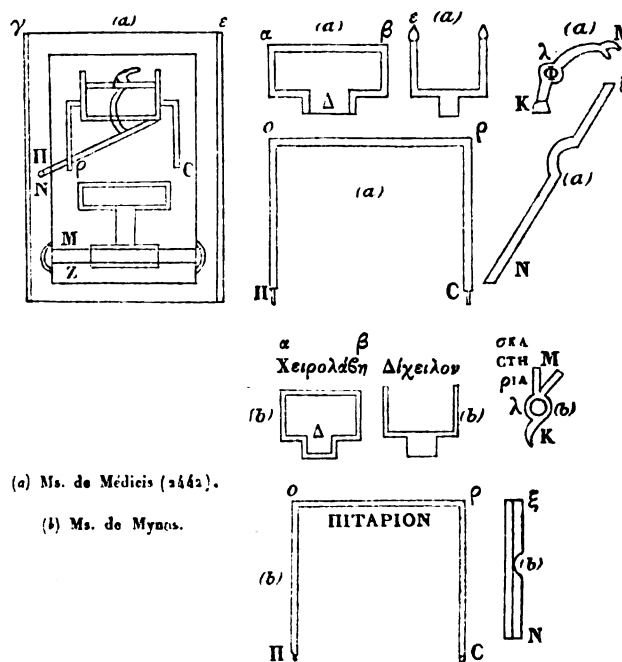
fig. 3; Th. 124, 125; KR. 204; et W. 78.) Elle servait à ramener en arrière le tiroir, l'archer pressant du ventre contre le fond de la crosse. Peut-être le mot crosse dérive-t-il de sa forme en croix primitive, ou mieux encore de celle du croissant fixé à la queue des arbalètes antiques? — Outre la pression du ventre, le poids de l'arme concourait à la mise au bandé, lorsque l'archer butait contre terre la pointe du tiroir.

* Les termes τῷ ΑΖ μέρει, τὸ ΔΕ μέρος, confirment la note^m ci-dessus. Ἀρμολός se dit toujours d'un assemblage de deux pièces mobiles, l'une par rapport à l'autre, d'une articulation libre (voir Chirob. V, 2). Συμφυής se dit d'un assemblage rigide. (Chirob. III, 3, 5, 7; V, 3.)

* Dé clic, Κλείσεως. Cette correction heureuse de κλίσεως, donné par tous les manuscrits, est due à M. Vincent. Thévenot traduit κλίσις par inclinatio. Primitivement, M. Vincent lisait κίνησις, mouvement. Dès l'origine, j'ai proposé de traduire κλίσις par dé clic ou batterie; ce que justifie la leçon définitive κλείσις. Elle ne signifie pas la clef de l'arme, comme l'avance le Journal des Savants (avril 1868, p. 254), mais plutôt l'ensemble de la serrure, s'il est permis d'employer ici cette expression. En fait, la batterie des machines de jet antiques a une grande analogie avec le dé clic d'une sonnette; son fonctionnement est le même. Voilà pourquoi, outre l'avantage de l'harmonie imitative, le mot dé clic me paraît présenter la meilleure

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

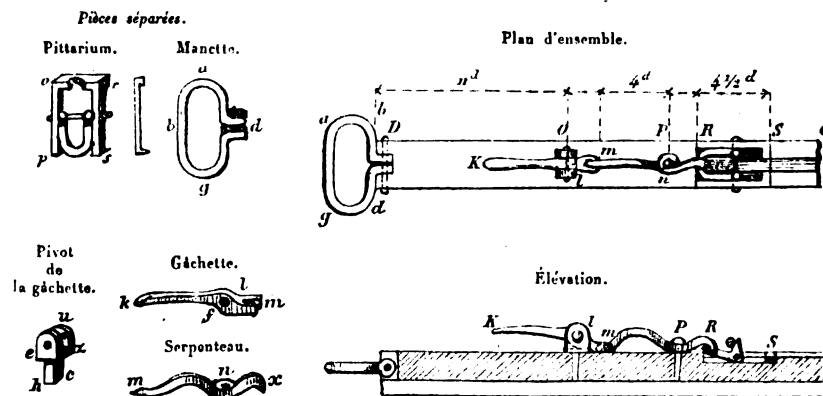
Fig. 21. Batterie de la Chirobaliste d'après les manuscrits.



(a) Ms. de Médecis (2442).

(b) Ms. de Mynas.

Fig. 22. Restitution de la Batterie.



β. Γεγονέτω ἐξ ὅλης³ σι- 2. *Fiat ex filo ferreo* 2. Soit d'abord une ma-
 δηρᾶς χειρολάβῃ ἢ ΑΒΓΔ⁴, *manubrium abgd, quemad-* nette *abgd*, en fer rond⁵, de la
 τῷ σχήματι⁵ οἷα⁶ ὑπογέ- *modum infra delineatum*; forme dessinée ci-contre [fig.
 γραπταί, δίχην⁷ δὲ τὸ ΕΖ⁸ *fiat quoque [ferrum] bifidum* 22] puis une fourchette⁹ *ez*,
 μέρος ἔχον· τὸ δὲ ΖΘ¹⁰ τόρ- *ad partem ez, habens cardi-* munie d'un tenon carré *zc*;
 μος¹¹ ὅστω τετράγωνος, σχα- *nem zc quadrangulum; claus-* ensuite une gâchette⁴ *klm*,
 στήρια δὲ ΚΑΜ¹², δρακόντιον *trum autem fiat klm, ma-* un serpenteau¹³ *nx*; et enfin

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

³ ἐξ ὅλης] sic MFF₁ (P₁ P₃ P₄ P₈ P₉) Bald. Ex Th. dederam. Ponunt Vincent et Wescher. — ἐκ ἐξώσεως P — ἐκ ἐξώσης V (P₂ P₅ P₆ P₇) — ἐξώσης (P₆ marg) — ἐκ ἐξώφ Th. marg. || ⁴ ΑΒΓΔ] sic W. ex MPV — αὐ γδ habet F — ἀβγδ cet. codd. — αβγδ Baldus. Ex Th. dedi. Ponit Vincent. || ⁵ (τῷ σχήματι) omiseram prius. || ⁶ οἷα] οἷα MF₁. Baldus. || ⁷ δίχην] sic Wescher quasi ex MF. Prior Baldus. Ponit Vincent. Habent (P₃ P₄ P₆ P₇ P₉) — δίχην V et P (P₃). Litteram H prima manu superinductam coniecit Wescher — δίχην F₁ (P₁ P₈). Ex Th. dederam. || ⁸ (ΕΖ)] sic Wescher. — ἐξ ceteri codd. — ἐξ Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ⁹ ἔχον· τὸ δὲ] sic dedi prius ex Th. Habent P (P₁ P₃ P₄ P₈) Baldus — ἔχον τὸ δὲ habent M (P₂ P₄ P₅ P₇) — ἔχον τὸ ΖΘ (P₉) ἔχον ὁ ponit Wescher. Prior Vincent: mendose, quippe ut σχαστήρια, sic δίχην τὸ ἐξ μέρος ἔχον ex γεγονέτω dependit. || ¹⁰ ΖΘ] sic dedi ex MFP. — ζθ cet. codd. — ζθ Baldus Th. — ηθ conieceram prius. Ponit Vincent. — ΕΖΘ coniecit Wescher. || ¹¹ (τόρμος)] sic Vincent et Wescher ex FP. — Habent (P₁ marg. P₃ P₄ P₅ P₇ P₈ P₉) Baldus. Th. marg. — τὸρμος M — τόρμος F₁ (P₁ P₃ P₈) Ex Th. scripseram. || ¹² ΚΑΜ] sic Wescher quasi ex M. — κλμ conieceram primus. Ponunt F₁ Vincent. — κλμρ FPV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) Baldus — κλμρ Th.

traduction de *κλεισις*. En latin, je traduis ce terme par *operis* ou *organi vincula*, à l'instar d'Ammien Marcellin (*Rer. gest.* xxiii, 4). — *Déclie* traduit exactement *κατάκλεισις* de la *Bélopée*.

⁵ En fer rond, ἐξ ὅλης σιδηρᾶς. — Thévenot traduit par *ex ferro*, et M. Vincent en *métal de fer*. Les mots vagues *e materia ferrea* suffiraient au latin. Mais voici les raisons qui me font préciser davantage en français. Les anciens employaient certainement le *fer rond*, forgé, ou peut-être même étiré à la filière en baguette cylindrique. Dans cette forme, on peut admettre qu'ils vissent une analogie avec celle du bois, qui est rond. Entre *ὅλη* (bois) et *filam*, *fil*, ne pourrait-on pas reconnaître une parenté étymologique? Il en résulterait que, chez les Grecs, le terme *ὅλη σιδηρᾶ* signifierait littéralement *fil de fer*, ou généralement *fer rond*. Sous cette forme, le métal se prêtait bien mieux, en effet, à la fabrication de la *manette* de la *Chirobaliste*, puisqu'il suffisait de le ployer

à chaud suivant le contour prescrit: *ὅλη σιδηρᾶ* présente ainsi un sens éminemment pratique.

⁹ Fourchette, δίχην. Dans la *Bélopée* *στήματα* ou *κατοχῆς*, supports ou amarres (Th. i 24, KR. 204, W. 78 et p. 58, plus haut).

⁴ Gâchette, σχαστήρια. *Clastrum* (cf. *Am. Marc. loc. cit.*), verrou. Thévenot traduit par *schasteria*. La *Bélopée* (*loc. cit. et passim*) et Philon de Byzance (*passim*) appliquent *σχαστήρια* à la détente ou gâchette de tous les engins.

¹³ Serpenteau, δρακόντιον, *dracontium* (Thév.). C'est la griffe, *χελρ*, de la *Bélopée* et du liv. IV de Philon. M. Vincent traduit *δρακόντιον* par *serpentin*. Il assure (*Chirob.* p. 51), mais à tort, que *δρακόντιον* est un terme employé dans la *Bélopée*; et il soupçonne, à tort également, la gâchette et le serpent d'avoir pris la place l'un de l'autre (*ibid.* p. 51). Aussi les figures 6 et 7 de sa planche II montrent le *serpentin* à l'arrière de la gâchette, sur la queue du tiroir: dispositif contraire à la description de l'auteur grec et à toute la tradition sur ces matières.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δέ τὸ ΝΞ¹³, *πιτάριον*¹⁴ δέ τὸ
ΟΠΡΣ¹⁵.

γ. Καὶ τετρήσθω ἡ ΑΒΓΔ¹⁶
*χειρολάβη*¹⁷ κατὰ τὸ Δ¹⁸. ὁ δὲ
ΓΔ¹⁹ κανὼν²⁰, ὁ ἐν τῷ πρώ-
τῳ *Θεωρήματι*, τετρήσθω-
κατὰ ΜΝΞ²¹, καὶ κατὰ μὲν
τὰ ΜΝ²² *στρογγύλω*²³ τρή-

nus autem nx, bidens autem
oprs.

3. *Perforetur autem juxta*
d manubrium abgd; regula
autem GD, quæ in primo ar-
gumento, perforetur juxta M,
N, X; ad partes quidem M et
N rotundo foramine juxta [re-

un *pittarium*¹ *oprs*, [ou
amarre à double branche].

3. La manette *abgd* doit
être percée d'un trou *d*. De
même, la pièce *GD*, décrite
au précédent paragraphe²,
doit être évidée en *M, N, X*;
en *M* et *N*, l'évidement sera

¹³ τὸ ΝΞ] sic Wescher quasi ex M, — τὸ νξ primus conjeceram. Ponit Vincent, — τὸ ΝΞ habet F₁, — τὸν ξ habet F. — τὸ ΜΞ habent PV (P₁ marg. P₂ P₃ P₄ P₅ P₆) — τὸ μνξ (P₁) Th. — τὸ μξ (P₃ P₇) Baldus, — τὸ μρ (P₃). || ¹⁴ *πιτάριον*] *πιτάριον* P, — *πιγγάριον* F, — *πιτάριον* PV (fig.). || ¹⁵ (ΟΠΡΣ)] sic Wescher quasi ex codd. || ¹⁶ αβγδ] ex Th. dederam. Ponunt F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus. Vincent, — αω. γδ habet F. || ¹⁷ (*χειρολάβη*)] *χειρολάβη* (P₈ marg.). || ¹⁸ Δ] sic Wescher quasi ex MFPV, — δ plerique codd. — τὸ τέταρτον (P₄ P₉) — δ Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ¹⁹ (ὁ δὲ ΓΔ)] sic Vincent, — ὁ δὲ γδ conjeceram prior. — Habent F₁ PV, — γδ omittit F₁ — ΕΔ ponit Wescher ex M, — ὁ δὲ εδ (P₁ P₃ P₆ P₇ P₈) Th. — ὁ δὲ (P₂) — ὁ ζεδ (P₆) Baldus. || ²⁰ (κανὼν)] *κανὼν* (P₃). || ²¹ κατὰ ΜΝΞ] sic Wescher quasi ex PV, — κατὰ μνξ habent F₁ (P₂ P₆ P₇) — τὸ μνξ V (P₁). Ex Th. dederam, κατὰ μὲν ΜΝC habet M, — M, N, Ξ ponit Vincent, κατὰ τὸ μνξ (P₃) Baldus, — κατὰ μνξ (P₆ P₈), — κατὰ τὸ μοξ (P₄ P₉). || ²² μὲν τὰ ΜΝ] sic Wescher quasi ex F₁ PV, — μὲν τὰ Μ, N, Vincent, — τὰ ΜΝC habet M, — μὲν τὰ μν ex Th. dedi. Habent (P₁ P₂ P₇ P₈) — τὰ μὲν μνξ habet F₁ — τὰ μὲν τὰ μν (P₃) — τὰ μὲν μν (P₆) — τὰ μν (P₆) — τὰ μν (P₆) Baldus — τὰ μ (P₆). || ²³ *στρογγύλω*] *στρογγύλω* F.

¹ *Pittarium*, *πιτάριον*, pièce en forme de Π, ancre double ou amarre à double branche. Dès ma première édition, j'en ai fait l'amarre de la batterie, clouée sur le dessus du tiroir; rôle que M. Vincent attribue également au *pittarium*, mais en le laissant libre de pivoter autour de son extrémité postérieure (pl. II, fig. 6). Je maintiens définitivement ma première opinion. Le *πιτάριον* ne me paraît pas pouvoir remplir d'autre fonction que de fixer la bascule à fleur du tiroir. Les *crochets* de l'amarre, qui sont d'ailleurs figurés dans les manuscrits, se logent, par rabattement, dans des entailles latérales pratiquées sur le dessus du tiroir. A l'avant, la traverse du *πιτάριον* s'encastre dans le bois à l'entrée de la cannelure. Elle est même entaillée suivant la courbure de cette rigole, comme on le voit sur la figure des manuscrits.

² Ce renvoi au § I montre la liaison qui existe entre les diverses parties du texte. Le tiroir ὁ ΓΔ κανὼν ὁ ἐν τῷ πρώτῳ Θεωρήματι, y est expressément indiqué avec ses lettres

figuratives, et l'auteur les répète avec soin, chaque fois qu'il revient à cette pièce. Exemples (§ II, ci-dessus) : λαβόντες οὖν τὴν ΔΟ ἐπὶ τοῦ ΓΔ κανόνος (alin. 5); — τρήσαντες... τὸν ΓΔ κανόνα κατὰ τὸ Π (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ Θεωρήματι) (alin. 6); — οὕτω καθίμεν ἐν τῷ ΓΔ κανόνι, ὅστις ἐστὶν ἐν τῷ πρώτῳ Θεωρήματι (alin. 7). Ce sont les seules mentions, parmi les pièces de la batterie, du tiroir ΓΔ, pièce unique du § I rappelée dans le § II. Le tiroir seul reçoit, en effet, les pièces de la batterie. Mais l'auteur, pour éviter toute confusion, rappelle sans cesse que ΓΔ κανὼν appartient au premier paragraphe. Quant aux lettres indicatives des diverses pièces de la batterie, elles suivent, sans autre complication, l'ordre alphabétique naturel. Le débraillement des alphabets distincts, quoique semblables de ce § II, qui a coûté des années à M. Vincent (*Op. cit.* p. 13), se bornait donc, au fond, à discerner la pièce GD, siège des diverses pièces de la batterie (voir ma 1^{re} édit. p. 21, note 1).

ματι²⁴ διαμπερές²⁵, κατὰ δὲ²⁶ gulæ] crassitudinem; ad partem vero X quadrangulo; atque sic aptetur manubrium. ²⁷ καὶ²⁸ οὕτως ἐνηρμόσθω²⁹ ἢ que sic aptetur manubrium. ³⁰ χειρολάβη, ὥστε περόνην³⁰ ut, trajecta per M et N, item: ³¹ διὰ τῆς MN διωσθῆναι καὶ διὰ que per foramen d manubrii τοῦ Δ τρήματος τῆς χειρο- ³² λάβης κοινωθῆναι³¹. fibula, compingatur.

un trou rond, foré de part en part; tandis qu'en X sera pratiquée une entaille droite, où doit s'encastrer^b la manette, assujettie par une goupille traversant les trous M et N, ainsi que l'œil d de la manetteⁱ.

LA
CHIROBALISTE.
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δ. Τρήσαντες δὲ τὸ ΕΘ³³ 4. Deinde perforatis bifido 4. De même, on perce δίχηλον³³ κατὰ ΤΥ³⁴ καὶ τὴν [ferro] ec juxta t, u, claustror- un œil dans chaque branche ΚΑΜ σχαστήριον³⁵ κατὰ τὸ que klm juxta f, trajectaque t, u de la fourchette, et en

²⁴ τρήματι] τρήματι F. || ²⁵ διαμπερές] διαπεράσθω F. || ²⁶ (κατὰ δὲ)] καὶ κατὰ δὲ (P₅). || ²⁷ παραλληλογράμω] sic restitui prius ex conjectura. Habent MFF₁. Ponunt Vincent et Wescher, — παραλληλογράμω P (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇) Baldus, — παραλληλογράμω V (P₁P₂P₃P₄P₅P₆) — παραλληλόγραμμος (P₅) — παραλληλογράμμος Th. || ²⁸ (καὶ)] Omittit (P₅). || ²⁹ (οὕτως ἐνηρμόσθω)] οὕτω ἐνηρμόσθω Vincent — οὕτως ἐνηρμόσθω (P₅). || ³⁰ περόνην] περόνην ἣν habet M — περόνη ἣν F₁. || ³¹ κοινωθῆναι] sic Wescher ex V₂ marg. Ponunt (P₅P₆) — κινωθῆναι (P₁) — καὶ κινωθῆναι (P₂) — κεκυνωθῆναι M — καὶ κυνωθῆναι FPV (P₃P₄P₅) — κοινωσθῆναι V₁ — καὶ κοινωσθῆναι (P₄) — καὶ κυνωθῆναι (P₂) Baldus, — καὶ κοινωθῆναι (P₅P₆) — κινωθῆναι (P₆). Ex Th. dederam — κινωσθῆναι F₁ — κυνωθῆναι V₂ et Vincent, non recte, quippe κυνέω (longe diversum sensu) nusquam vero κυνώ a Græcis usurpatur. || ³² ΕΘ] sic Wescher quasi ex MF — εθ prior Vincent ex (P₅P₆) — ιθ codd. ceteri. Baldus et Th. — εζηθ prius conjeceram. || ³³ δίχηλον] sic Wescher quasi ex M. Dederat Baldus. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈). Ponunt Th. et Vincent, — δίχειλον PV, ubi litteram H prima manu superinductam notat Wescher, — δίχειλον (P₅) prius scripseram. || ³⁴ κατὰ ΤΥ] sic dedi ex MFF₁ (P₅P₆), — κατὰ τὸ τυ (P₁). Ex Th. prius scripseram, — κατὰ [τὰ] τ, υ, ponit Vincent, unde κατὰ [τὰ] ΤΥ Wescher, — κατὰ τυ (P₂) — κατὰ τὸ τις (P₃) — κατὰ τυς (P₄) Baldus — κατὰ τς (P₅) — κατὰ τὸ τυς (P₅) — κατὰ τὸ τυς (P₆). || ³⁵ σχαστήριον] σχιστήριον F.

^a Οὕτως ἐνηρμόσθω ἢ χειρολάβη. J'ai fait observer (S I, note n) que ἀρμολός et ἀρμόζω, son primitif, désignent en général un assemblage non rigide, ou bien encore l'assemblage rigide de pièces formées de substances différentes, comme bois et fer (voy. Chirob. V, 2). La manette n'était donc pas absolument fixée au tiroir. Pour la commodité de la manœuvre, le plan de la manette, à l'instant où l'archer bandait l'arme, était perpendiculaire au tiroir, position la plus naturelle pour la fonction de la main. Après le service, la manette pouvait se rabattre sur le tiroir même. Tout au moins conservait-elle une certaine liberté de mouvement autour de sa goupille.

ⁱ L'assemblage de la manette avec le tiroir, de

la gâchette avec la fourchette, du serpenteau avec le tiroir, est caractérisé par le terme κοινέω, dont la restitution est due à M. Wescher. Thévenot écrit κινέω, dont le sens est moins admissible. J'avais suivi cette leçon dans ma première édition. M. Vincent emploie le barbarisme κυνώ (κυνωθῆναι, p. 50, lig. 36; et partout ailleurs κυνοῦμεν). La forme la plus voisine de κυνώ est κυνέω, dont le sens est ici inapplicable. Κοινωθῆναι et κοινούμεν sont d'ailleurs fournis par plusieurs manuscrits. (Voy. le Comm. paléog. § II, 31, 39, 52, 63.) — Κοινώ caractérise l'assemblage de deux pièces pivotant l'une par rapport à l'autre, mais ne pouvant se séparer; ἀρμολός exprime l'emboîtement libre, et συμφυής, l'emboîtement rigide.

LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.	Φ, και ἐμβαλόντες³⁶ περόνην δι' ἀμφοτέρων τῶν ὀπῶν³⁷ τῶν ΤΥΦ³⁸, κοινοῦμεν ὥστε³⁹ περὶ αὐτὴν κινεῖσθαι⁴⁰ τὴν σχαστήριαν⁴¹ ἀνεμποδί- στως⁴². Ἐχέτω δὲ ἡ σχαστή- ρια⁴³ ἐντομὴν⁴⁴ τὴν ΑΜ ἔχου- σαν κατὰ μῆκος δάκτυλον ἕνα⁴⁵.	per ambo foramina t, u et f fibula, ita aptetur ut circa fi- bulam claustrum plane versa- tile permaneat. Habeat autem claustrum incisionem lm ad longitudinem digiti unius.	f dans la gâchette klm; puis, à l'aide d'une goupille logée dans les trous¹ t, u et f, s'installe la gâchette, de ma- nière à pouvoir pivoter libre- ment. La gâchette présente en lm une fente longitudi- nale d'un doigt de profon- deur.
Vi. 52.	ρῖα⁴³ ἐντομὴν⁴⁴ τὴν ΑΜ ἔχου- σαν κατὰ μῆκος δάκτυλον ἕνα⁴⁵.	5. Sumpto igitur super re- gula GD intervallo DO digi- torum xi, incisoque [ligno]	5. Cela fait, on prend sur la pièce GD une longueur DO de 11 doigts²; on en-
W. 172.	Ἐ. Λαβόντες οὖν τὴν ΔΟ⁴⁶ ἐπὶ τοῦ ΓΔ⁴⁷ κανόνος δακτύ- λων ΙΑ⁴⁸, καὶ τρήσαντες κα-	5. Sumpto igitur super re- gula GD intervallo DO digi- torum xi, incisoque [ligno]	5. Cela fait, on prend sur la pièce GD une longueur DO de 11 doigts²; on en-

³⁶ ἐμβαλόντες] sic Wescher ex M. — ἐμβάλλοντες cet. codd. et edit. || ³⁷ τῶν ὀπῶν] τῶν μέρων M — ὁ τῶν ὀπῶν (P₃P₄), — ἡ ὁ τῶν ὀπῶν (P₈P₉). || ³⁸ τῶν ΤΥΦ] sic Wescher ex MFPV. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) — τοῦ τυφ (P₆) Baldus. Ex Th. scripseram — τῶν τ, υ [καὶ τοῦ] φ coniecit Vincent. || ³⁹ κοινοῦμεν ὥστε] sic Wescher ex PV. Habent (P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈P₉) Baldus — κινουμένους τε MFF₁ — κινούμεν ὥστε (P₁). Ex Th. dederam prius — κινούμεν ὥστε coniecit Vincent. || ⁴⁰ κινεῖσθαι] κινῆσθαι F. || ⁴¹ (σχαστήριαν)] χαρίαν ἴσης (P₃). || ⁴² ἀνεμποδίσως] sic plerique codd. et edit. Habent V₂ marg (P₄ marg) Baldus marg. — ἐμποδίσως V₂ (P₄P₅) Baldus — ἀνεμποδίσως κτλ. usque ad ΑΜ desunt in F₁. || ⁴³ ἡ σχαστήρια] ἐσχαστήρια M — ἡ σχαστήριαν (P₃). || ⁴⁴ (ἐντομὴν)] ἐντολήν (P₄P₅P₉). || ⁴⁵ ἕνα] sic Wescher ex F. Ponit (P₈). — ᾱ seu α' ceteri codd. et edit. || ⁴⁶ ΔΟ] sic Wescher quasi ex MF. Prior restituerat Vincent, — Δθ ponunt PV ex confusione uncialium O et Θ, — λδ habet F₁ — δθ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈P₉) Baldus et Th. — γο prius scripseram. || ⁴⁷ (ΓΔ)] sic Wescher quasi ex codd. — γδ ex Th. dederam prius. Habent cet. codd. et Baldus, — ΔΓ ponit Vincent, mendose: quippe GD regulæ litteræ descriptivæ ex figura DESCENDENDO legendæ. || ⁴⁸ δακτύλων ΙΑ] sic recte Vincent — δακτύλου ια dederat Baldus. — δάκτυλον ια habent (P₄P₅P₉) — δάκ- τύλου ε (P₅) — δακτύλων ε' ex Th. dederam. Habent E₁ (P₁P₂P₃P₆P₇) — δακτύλων E ex M. ponit Wescher — δακτύλων τὸ ε habet F.

¹ Δι' ἀμφοτέρων τῶν ὀπῶν. Le terme ὀπή, trou rond, signifie littéralement un œil, expres- sion très-familière aux artisans modernes.

² Δακτύλων ΙΑ. Cette cote de 11 doigts est due à Baldi. Elle existe dans les mss. 2438, 26 (supp. gr.) et 244 (supp. gr.) de Paris. M. Vincent, en l'adoptant, y a trouvé le pré- texte de substituer la gâchette au serpentéau (voy. note * ci-dessus). La gâchette, claustrum totius operis vincula continens, comme dit Ammien, doit être la pièce la plus voisine du tireur. Hé- ron en place le pivot à 11 doigts de la queue du tiroir. Puis, à 4 doigts en avant du bec de la gâchette, pivote le serpentéau, intermédiaire

entre la gâchette et la bascule qui retient la corde archère. Cette forme allongée de la batterie a pour objet de permettre à la bascule d'aller saisir la corde qui fonctionne dans la région extérieure de l'arme, eis τὸ ἐκτὸς μέρος, dit la Bélopie. De cette manière, la gâchette ou pièce de calage, claustrum, demeure constamment à portée de l'archer, ἐν τῷ ἐντὸς μέρει, en arrière de la cage. Voilà pourquoi il a fallu, dans la Chi- robaliste, introduire une pièce intermédiaire, le δρακόντιον, transmettant à distance, de la gâchette à la bascule, le mouvement de détente exécuté par l'archer. M. Vincent admet la leçon δακτύλων ΙΑ au lieu de δακτύλων Ε̄ de la plu-

τὰ τὸ Ο, καθίσμεν⁴⁹ τὸ ΕΘ⁵⁰ *juxta O, ferram ec bifidum*
 δίχηλον⁵¹ καὶ κοινοῦμεν⁵², *aptamus atque ita compingimus, ut immobile permaneat.*

taille [le bois] en O, et l'on y encastre la fourchette *ec*, en l'enfonçant jusqu'au refus¹.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

Ξ. Ἐπειτα⁵³ τρήσαντες τὸ ΝΞ⁵⁴ δρακόντιον κατὰ τὸ Ν⁵⁵, καὶ τὸν ΓΔ⁵⁶ κανόνα κατὰ τὸ Π⁵⁷ (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ⁵⁸ Ξευρήματι) ἀπεχόν⁵⁹ τοῦ Μ δακτύλου Δ⁶⁰, καὶ καθέντες διὰ τε τοῦ τρήματος⁶¹ τοῦ δρακόντιου καὶ τοῦ Π περόνην⁶², κοινοῦμεν ὥστε⁶³ εὐχερῶς⁶⁴ κινεῖσθαι τὸ ΝΞ⁶⁵ δρακόντιον περὶ αὐτήν.

6. *Perforatis deinceps manu nx juxta n, regulaque GD (quæ in primo argumento) juxta P, intervallo ab m digitorum iv, per manus foramen perque P fibulam ita aptamus et compingimus, ut manus nx circa ipsam plane versatilis permaneat.*

6. On perce ensuite en *n* le serpenteau *nx*, et en *P* la pièce *GD* (du précédent paragraphe), à 4 doigts de *m* [bec de la gâchette⁶⁶]. Puis, à travers l'œil du serpenteau et le trou *P*, on loge une goupille, qui maintient l'assemblage du serpenteau *nx*, en lui laissant la liberté de pivoter.

B. 65.

Th. 117.

⁴⁹ καθίσμεν] καθίσμεν M. || ⁵⁰ (ΕΘ)] sic Wescher, — εθ dederant Bald. Th. et Vincent, — ηθ (P₉) — εζηθ prius conjeceram — εθ ceteri codd. || ⁵¹ δίχηλον] sic Wescher quasi ex MF. Dederant Baldus. Th. et Vincent. Habent F₁ (P₁ P₃ P₈) — δίχῃλον P (P₂) cum littera H prima manu, ut notat Wescher, superscripta, — δίχῃλον V (P₁ super δίχῃλον. P₃ P₄ P₆ P₇ P₉) Th. marg. ex quo prius scripseram. || ⁵² κοινοῦμεν] sic Wescher ex MPV. Habent (P₂ P₃ P₄ P₆ P₇) Baldus, — κινουῦμεν F₁ (P₁ P₈ P₉). Ex Th. dederam, — κινουῦμεν Vincent. || ⁵³ Ἐπειτα] ἐπιτα M ex iotacismo. || ⁵⁴ τὸ ΝΞ] sic W. quasi ex P secunda manu correctum, — τὸ νξ ex Th. dederam. Ponit Vincent. Habent F₁ (P₁) — τὸ μξ (P₈) — τὸν ξ habent MFV (P₃ P₇ P₈ P₉) — τοῦ ξ (P₃ P₄ P₅) Baldus. || ⁵⁵ τὸ Ν] sic Wescher quasi ex FPV — τὸ ν (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Bald. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. — τὸν N habet M, — τὸ Νς habet F₁. || ⁵⁶ τὸν ΓΔ] sic W. quasi ex MFPV. Ponit Vincent, — τὸν γδ ex marg. Th. dederam. Habent F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₇ P₉) Baldus, — τὸ Νγδ (P₆) — τὸν νγδ Th. || ⁵⁷ τὸ Π] sic Wescher quasi ex M. Habet F₁ — τὸ π prius conjeci. Ponit Vincent, — τὸν π ceteri codd. Baldus et Th. — Post τὸ π (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ Ξευρήματι) ex Wescher et Vincent parenthesi seclusi. || ⁵⁸ πρώτῳ] sic W. quasi ex MF. Prior Vincent. Habet F₁ — α ceteri codd. — α Baldus — α' ex Th. scripseram. || ⁵⁹ ἀπεχόν] ἀπέχων MF. || ⁶⁰ (Δ)] sic pler. codd. — δ cet. et Vincent, — δ Bald. — δ' ex Th. scripseram. || ⁶¹ διὰ τε τοῦ τρήματος] τε τοῦ κτλ. usque ad ὥστε desunt in P₁, unde uncis seclusit Th. — In P διὰ τὸ εὐχερῶς substituit secunda manus. || ⁶² περόνην] περώνην F. || ⁶³ κοινοῦμεν ὥστε] sic W. (P₃ P₉) Desunt in F₁, — κοινουμένως τε MF — κινουῦμεν ὥστε cet. codd. Bald. ex Th. dederam, — κινουῦμεν Vincent. || ⁶⁴ (εὐχερῶς)] διὰ τὸ εὐχερῶς P₁ ut supra (⁶¹). || ⁶⁵ τὸ ΝΞ] sic W.

part des manuscrits; mais il intervertit la gâchette et le serpenteau, et place le pivot de ce dernier à 4 doigts de la queue du tiroir; ce qui est contraire aux indications du texte. Dans la *Synthèse de la Chirobaliste*, je démontrerai l'exactitude technique de la leçon δακτύλων ΙΑ. (Voy. ci-après, n° 372-383.)

¹ Jusqu'au refus, se dit d'un pieu que l'on

enfonce à coups de mouton, lorsqu'il cesse de descendre sensiblement. C'est le cas, ὥστε ἀκίνητον διαμένειν, du tenon de la fourchette, qui doit être forcé dans le corps du tiroir.

⁶⁶ Ἀπεχόν τοῦ Μ δακτύλου Δ. Or la gâchette a pour notation ΚΑΜ (voy. § II, 2, ci-dessus); et il est dit (ibid. 4) qu'elle présente en ΑΜ une fente longitudinale d'un doigt de profondeur, év-

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Καὶ πάλιν ἀποσλήσαν-
τες ἀπὸ τῆς χειρολάξης⁶⁶
τῆς [AB]ΓΔ⁶⁷ τὴν ΕΡ⁶⁸, τι-
τρώμεν κατὰ τὸ Ρ, καὶ πάλιν
ἀπ' αὐτοῦ⁶⁹ μετρήσαντες δακ-
τύλους ΔC⁷⁰, ὡς τὴν ΡΣ⁷¹,
τιτρώμεν κατὰ τὸ Σ, καὶ οὕ-
τω καθίεμεν⁷² [τὸ πιττά-
ριον]⁷³ ἐν τῷ ΓΔ κανόνι, ὅσ-
τις⁷⁴ ἐστὶν ἐν τῷ πρώτῳ⁷⁵
Θεωρήματι. Ἐξῆς κεῖται⁷⁶.
[Σχημα KB.]

7. *Abscedentes deinceps a*
manubrio [ab]gd *usque ad* xR,
insecamus [lignum] *juxta* R;
abhinc autem rursus metimur
digitos in cum dimidio, inse-
camusque juxta S; *ibique*
[pittarium seu anchoram]
compingimus cum regula GD
quæ in primo argumento. Se-
quitur figura [22].

7. Enfin, s'éloignant tou-
jours de la manette [ab]gd,
de la quantité xR, on en-
taille [le bois] en R; puis, à
partir de R, mesurant 4
doigts et demi, on entaille
de nouveau en S, où s'ins-
talle [le pittarium ou amarre],
ainsi adapté à la pièce GD
décrite au premier paragra-
pheⁿ. Voir la figure [22,
p. 124].

— τὸ ΝΞ habet F₁ — τὸ νξ prior conjeci. Ponit Vincent, — τὸν ξ MFPV (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) Bald. —
τὸ ξ (P₁P₉) Th. || ⁶⁶ (χειρολάξης) χειρολάξης (P₂). || ⁶⁷ [AB]ΓΔ sic W. — [αξ]γδ prior restitui, —
αξγδ uncis omissis, quasi ex aliquo cod. ponit Vincent. — ΓΔ vel γδ cet. codd. — γδ Bald. et
Th. || ⁶⁸ (ΕΡ) sic W. Prior Vincent. — Ερ codd. omnes. Bald. et Th. — πρ prius conjeceram. ||
⁶⁹ (ἀπ' αὐτοῦ) sic Wescher. Prior Vincent. — Ponunt omnes codd. Bald. et Th. — ἀπὸ τοῦ π prius
conjeceram. || ⁷⁰ (ΔC) sic Wescher. Habent MFPV — δς cet. codd. — δ Baldus, — δς' ex Th.
dederam, — δς Vincent. || ⁷¹ ὡς τὴν ΡΣ sic W. Prior Vincent. — Habent FPFV₁ (P₁P₂P₃P₄) Bald.
et Th. — ὡς τὴν CP habet M. — ἕως τὴν ρς (P₁P₃) — ἕως τὴν ρς (P₄P₅) — ὡς τὴν ρρ (P₆) — ὡς τὸ
πς prius conjeceram. || ⁷² οὕτω καθίεμεν sic ex Th. dederam. Habent F (P₁P₂P₃P₄) — [καὶ] οὕτω
Vincent, — οὕτως mendose ex MPV ponit Wescher. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) Baldus. || ⁷³ ([τὸ
πιττάριον]) sic jam prius restituendum conjeci. — Omittunt omnes codd. et edit. — Omisit quidem,
verum in convertendo reddidit Vincent. || ⁷⁴ ὅστις sic W. quasi ex M. — Ex Th. dederam. —
Ponunt pleriq. codd. et Vincent. — ὅς τις PV, — ὅς F, — ὅς τις Baldus. || ⁷⁵ πρώτῳ sic W. Prior
Vincent — α codd. omnes, — α Baldus, — α' ex Th. dederam. || ⁷⁶ Ἐξῆς κεῖται] omittunt MFF₁.

τομὴν τὴν ΑΜ ἔχουσιν κατὰ μήκος δάκτυλον
ένα. Le point M doit donc désigner la pointe
du bec même de la gâchette; ce qui détermine
la position du pivot du serpentéau à L'AVANT et
à 4 doigts du bec de la gâchette.

ⁿ J'ai expliqué ci-dessus (§ II, note^f) la fonc-
tion définitive du pittarium, sorte d'ancre à
double branche, servant à fixer la bascule sur
le dessus du tiroir. La bascule, dont le texte ne
parle pas, se trouve indiquée très-nettement
par les figures de tous les manuscrits. Elle a
sensiblement la forme de la lettre Π renversée.
Peut-être était-elle comprise, avec l'ancre à

double branche, dans la dénomination de πι-
τάριον. Elle se rabat, lors de la détente, sur le
plan du tiroir; puis elle va saisir la corde ar-
chère, à l'aide de ses deux doigts qui se relèvent
spontanément. Le serpentéau la cale aussitôt
dans cette position, et la gâchette cale à son
tour le serpentéau. Lorsqu'on presse la détente,
la bascule se rabat vivement, la corde part. —
M. Vincent, dans sa traduction, a réintégré le
mot pittarium; mais il n'a pas osé restituer πι-
τάριον dans le texte grec. Il assigne d'ailleurs
à la pièce une fonction inadmissible.

[Γ. ΠΑΣ ΔΕΙ ΤΑ ΚΑΜΒΕΣΤΡΙΑ ΚΑΤΕ-
ΣΚΕΥΑΣΘΑΙ.]

[III. QUONAM MODO Καμβέστρια [§ III. STRUCTURE DES RESSORTS.]
CONSTRUANTUR.]

α. Κατεσκευάσθωσαν¹ δὲ
καὶ τὰ καλούμενα Καμβέστρια
τρόπῳ τοιῷδε·

β. Ποιήσαντες γὰρ σιδη-
ροῦς² κινόνας τέσσαρας³,
μήκος ἔχοντας ἑκάτερον δακ-
τύλους IC⁴, πλάτος δὲ δακτύ-

1. Construantur item ea
quæ Καμβέστρια vocantur,
ejusmodi.

2. Conflentur porro laminæ
ferreæ quatuor, quarum sit
singulæ longitudo digitorum
x cum dimidio, latitudo autem

1. L'appareil des ressorts*
doit également être cons-
truit de la manière suivante.

2. On prépare quatre ru-
bans de fer, mesurant cha-
cun : longueur, 10 doigts et
demi^b; largeur, un peu plus

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 65. Th. 117.
Pr. 22. Vt 54.
W. 128.

¹ Κατεσκευάσθωσαν] sic Wescher ex Vincent. — κατασκευάσθωσαν reliqui. || ² σιδηροῦς] ὀδηγούς F₁, qui sequentia omittit usque ad verba ἔχοντας συμφυεῖς. || ³ τέσσαρας] sic Wescher. — Habet F₁, Δ habent MPV, — δ vel δ' cet. codd. — δ Baldus, — δ' ex Th. scripseram, — δ Vincent. || ⁴ δακτύλους IC] sic Wescher quasi ex M. — Numerum IC prior sed cum δακτύλων dedit Vincent, — IC⁷ habet F₁ ediditque primus Lambecius. — δακτύλους εἴκοσι cet. codd. Baldus. — δακτύλων εἴκοσι ex Th. dederam. Error fluxit ex similitudine litterarum uncialium IC cum littera K = εἴκοσι.

* Καμβέστρια, ressorts. On a vu dans l'Introduction historique (n° 32 à 72) les hypothèses diverses formulées jusqu'ici sur les καμβέστρια, entre autres celle de M. H. Martin (de Rennes). Voici maintenant (Chirob. de M. Vincent, p. 29) l'opinion du même savant sur ce mot « barbare. » « C'est un mot grec mal formé, dit-il, mais c'est un mot grec puisqu'il vient de κάμπω. La forme classique serait τὰ καμπήρια. Les soldats macédoniens, byzantins, alexandrins, des Ptolémées, disaient τὰ καμβέστρια. Ce mot n'est nullement latin, car, en latin, il ne pourrait être rapproché que de campestris, pluriel neutre de campestris. Or l'instrument en question n'avait rien de champêtre. (Voy. Meister, p. 19.) » — Que Καμβέστρια n'est pas latin, cela est hors de doute. Mais que ce même terme, dont la désinence seule semble altérer la forme grecque, soit une expression barbare, je ne crois pas qu'il y ait de motif suffisant pour l'affirmer. Partout, dans la nomenclature des anciens, les noms techniques se trouvent choisis avec une admirable justesse. On a vu plus haut (n° 229-234) le πάλιστρον τόξα du vieil Homère lui-même trou-

ver son explication dans le vocabulaire de la charpenterie militaire. En fait d'antiquité, un respect scrupuleux envers les plus humbles vestiges éloigne moins de la vérité qu'une critique indisciplinée.

Quant à l'étymologie du mot Καμβέστριον, on a vu précédemment (n° 281 à 296) sur quelles conjectures je propose de l'établir.

^b 10 doigts et demi, δακτύλους IC. — Baldi et Thévenot donnent δακτύλους εἴκοσι. L'erreur provient de la notation K, confondue d'abord avec IC, puis transformée en εἴκοσι (K exprime le nombre 20). Lambecius (Comment. Bibl. Vind. p. 194) a le premier signalé la leçon IC, que MM. Vincent et Wescher ont appuyée depuis sur le manuscrit de Mynas, sans donner aucune autre raison de leur préférence. Dans ma première édition, les δακτύλους εἴκοσι de Thévenot m'avaient fait supposer aux καμβέστρια une forme compliquée et peu favorable à l'effet de ressort. La réduction à 10 $\frac{1}{2}$ doigts des rubans montants simplifie et renforce à la fois les καμβέστρια. Cette dimension équivaut d'ailleurs à 3 modules, ce qui suffirait a priori, pour en attester l'exactitude.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 23. Καρδέσρια ou Ressorts d'après les manuscrits.

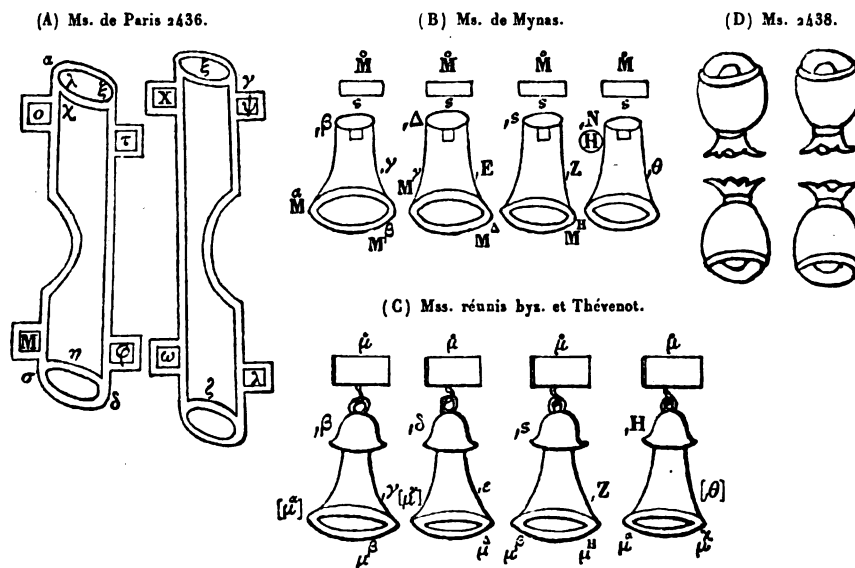
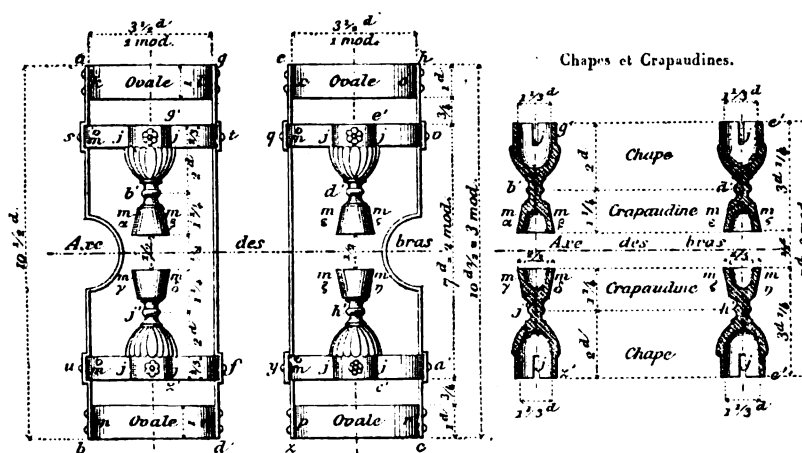


Fig. 24. Restitution des Καμβέσρια.

Cadres - Resorts.

Chapes et Crapaudines.



λου διμοίρου⁵ μικρῷ πλεῖον⁶, paulo major digito ejusque
πάχος δὲ⁷ ὥστε μὴ εὐχερῶς⁸ besse, crassitudo vero id quod
κάμπτεσθαι⁹. opus sit ne facile [luminē]
flectantur.

d'un doigt et deux tiers¹;
quant à l'épaisseur, elle est
telle que les lames ne puis-
sent ployer qu'avec diffi-
culté⁴.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

γ. Ἐσίωσαν δὲ οἱ AB ΓΔ
EZ ΗΘ, οἱοί εἰσι¹⁰ τῷ σχή-
ματι καταγεγραμμένοι¹¹, ἐ-
χοντες συμφυεῖς κρίκους τοῦς
ΚΑ ΜΝ ΞΟ ΠΡ¹², τὸ εὖρος¹³
ἔχοντας δακτύλους δύο¹⁴, τὸ
δὲ πλάτος δάκτυλον ἓνα¹⁵,
τὸ δὲ πάχος τὸ αὐτὸ¹⁶ τοῖς
κανονίοις.

3. Sint autem istæ ab, gd,
ez, hc, ea quæ infra figura
delineatur. Iisdem aptentur
collaria kl, mn, xo, pr, quo-
rum vacuum pateat ad digi-
tos duo; horum autem sit la-
titudine digiti unius, crassitudo
autem eadem quæ laminarum.

3. Soient ab, gd, ez, hc
(figure 24, page 132) ces
montants, conjugués avec
des ovales kl, mn, xo, pr,
ayant d'ouverture 2 doigts.
Les rubans des ovales ont
un doigt de large; leur épais-
seur est la même que celle
des rubans.

⁵ δακτύλου διμοίρου] sic W. ex PV. Habent (MF₁ P₃ P₄ P₅ P₆ P₈) Baldus. — δακτύλου διμοί-
ρον prius conjeceram. || ⁶ μικρῷ πλεῖον] sic corrigendum conjeci, — μικρῷ πλείω ponit Wescher.
Prius ex Th. dederam. Ponit Vincent. Habent (PP₁ P₂ P₃ P₆ P₇ P₈) — μικροῦ πλείων M. — μικροῦ
πλείων F₁ — μικρῶν πλείων V (P₄) Bald. — μικρῷ πλείων (P₅) — μικρῶν πλοίων V marg. — μικρὸν
πλείων (P₆). || ⁷ πάχος δὲ] πάχος ΔΕ ponunt PV(P₇). || ⁸ εὐχερῶς] εὐμερῶς M. || ⁹ κάμπτεσθαι] sic W.
quasi ex PV. Ex Th. dedi. Ponit Vincent. — κλέπτεισθαι M. — κλέπτεισθαι F₁ — κάμπτεσθαι (P₇) —
κάμπτεται Baldus. — κάμπτεσθαι Bald. marg. || ¹⁰ οἱοί εἰσι] sic W. ex M. Habet F₁, — οἶον εἰσι
PV (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Bald. et Th. — οἶοι εἰσι prius scripseram. Ponit Vincent. || ¹¹ (καταγεγραμμέ-
νοι)] καταγεγραμμένοι (P₁ P₃) — καταγεγραμμένος (P₅). || ¹² (ΚΑ ΜΝ ΞΟ ΠΡ)] sic Wescher. — κλ, μν,
ξο, πρ ex Th. dederam, — ΚΑ, ΜΝ, ΞΟ, ΠΡ ponit Vincent. — κλμνξοπρ F₁ (P₅ P₆) — κλμνοξοπρ
(P₈ P₉) — κλ, μν, ξο, πρ (P₁) — κλμνξο πρ (P₂) — κλ μν ξο πρ (P₃) — κδμνξοπρ (P₄) — κδμνξοπρ
(P₇) — κδμνξοπρ Baldus. || ¹³ εὖρος] εὖρος M. || ¹⁴ δακτύλους δύο] sic W. quasi ex F. Ex Th. dede-
ram. Ponit Vincent. Habent F₁ (P₁ P₈ P₉) — δακτύλους B ponunt MPV, — β ceteri codd. — β Bald. ||
¹⁵ δάκτυλον ἓνα] sic W. ex F. — δακτύλου ἑνος (P₁ P₆ P₈). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. —
δάκτύλου A ponunt MPV, — δακτύλου α codd. ceteri. — δάκτυλον α Baldus. || ¹⁶ τὸ αὐτὸ] sic W.
quasi ex MFPV. Habent pleriq. codd. min. Ponit Baldus. Ex Th. marg. dederam. Habet F₁ marg.
Ponit Vincent. — τὸ ἀπὸ habent (P₁ P₆) Ponit Th.

¹ Un peu plus de 1 doigt $\frac{2}{3}$, πλάτος δὲ δακτύ-
λου διμοίρου μικρῷ πλεῖον. — Tous les manus-
crits et éditions donnent πλείω ou πλείων. Je
fais accorder πλείω avec πλάτος, qui est neutre.
Voilà une quantité approximative, dont la
notion du module permet de retrouver la va-
leur exacte. Ce module étant de $3\frac{1}{2}$ doigts, sa
moitié = $1\frac{1}{2}$ doigt excède à peine le $1\frac{2}{3}$ doigt ci-
dessus. La différence est celle de 1.75 sur 1.67,
soit 8 centièmes seulement, ou $\frac{1}{10}$ de la dimen-
sion totale, ou $1\frac{1}{2}$ millimètre. Telle est la me-
sure exacte du μικρῷ πλείων d'Héron.

⁴ Πάχος δὲ ὥστε μὴ εὐχερῶς κάμπτεσθαι. Bien
que cette épaisseur des ressorts soit indétermi-
née dans le texte, j'en donnerai plus loin la
valeur rigoureuse, déduite du tracé des ovales
conjugués avec les rubans. Elle est de $\frac{1}{10}$ de
module = ($\frac{1}{12}$ doigt), à la condition que chaque
ovale soit formé d'un seul ruban, dont les extré-
mités s'assemblent, par recouvrement, avec le
rivet qui fixe l'ovale à l'un des montants du
cadre, comme l'indique le croquis de ce détail
dans les figures 31 et 32 (voir plus loin, n° 322
et 328).

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
W. 129.

δ. Ἐστω δὲ τὸ ¹⁷ μεταξὺ
διάστημα τῶν κανονίων ¹⁸ δακ-
τύλων ΓC ¹⁹.

ε. Γεγονέτωσαν ²⁰ δὲ ²¹ καὶ
πιτάρια τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ
Α, συμφυῆ ²² τοῖς ²³ ΑΒ ΓΔ
ΕΖ ΗΘ κανονίοις, ἔχοντα ²⁴
πλάτος καὶ πᾶχος τὸ αὐτὸ
τοῖς κανονίοις, τὸ δὲ εὖρος ²⁵
δακτύλου διμοῖρον ²⁶.

ζ. Ἐστῶσαν δὲ καὶ κύλιν-
δροι ²⁷ χαλκοῖ κοῦφοι ²⁸, οἱ

4. Sit autem laminarum
intervallum digitorum trium
cum dimidio.

5. Fiant quoque πιτάρια
seu auriculæ s, t, u, f, q, v,
y, a', laminis ab, gd, ez, hc
aptatæ, quarum latitudo et
crassitudo sit eadem quæ la-
minarum; foramen autem ha-
beant bessis digiti.

6. Sint quoque cylindri
ænei leves b'g', d'e', j'z', h'c',

4. L'écartement des mon-
tants doit être de 3 doigts
et demi*.

5. Soient encore des bri-
des^f, telles que s, t, u, f, q,
v, y, a', rivées sur les ru-
bans ab, gd, ez, hc, dont
elles ont la largeur ainsi que
l'épaisseur, avec un évide-
ment de deux tiers de doigt.

6. Soient enfin de légères
chapes tournées, en bronze^g.

¹⁷ (Ἐστω δὲ τὸ) ἔστω δὲ πλάτος τὸ (P₅). || ¹⁸ τῶν κανονίων] sic ex Th. dedi. Ponit Vincent. Ha-
bent (P P₁ P₂ P₃ . . . P₈ P₉) Baldus — τῶν N κανονίων F₁ — κανόνων ex M ponit W. || ¹⁹ (ΓC)] sic W.
quasi ex MFPV. Habent (P₂ P₇) — γ̄c vel γ̄c" ceteri codd. — γc Baldus, — γ'c" ex Th. dederam, —
γ̄L scripsit Vincent. || ²⁰ Γεγονέτωσαν] γεγονέστωσαν F. || ²¹ (δὲ)] Omittit (P₈). || ²² τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ
Α, συμφυῆ] sic W. Unciales Vincent signo (?) separat — τὰ σ, τ, υ, φ, χ, ψ, ω, α, jam prius conieceram
— ψ et Α desunt in M — τὰ στ. υφ. χψ. αω. συμφυῆ F. — τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ. α συμφυῆ P, — τὰ ΣΤΥΦ
ΨΧΩ, α συμφυῆ V. — τὰ στυφχω. α συμφυῆ F₁ (P₂ P₃ P₄ P₇) — τὰ στ υφ. χψω. συμφυῆ (P₁) — τὰ
στ. υφχ. ψω. α συμφυῆ Th. — ταῖς τῶν υφχψω. α συμφυῆ (P₅ P₆ P₉) Baldus, — τὰ στ τοῖς υφχψω.
α συμφυῆ (P₆). || ²³ τοῖς] τῆς VF₁ (P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇). || ²⁴ ἔχοντα] κτλ. usque ad τοῖς κανονίοις
omittunt PV (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Baldus. Th. et ipse ego prius. Lacunam primus complevit Vincent. ||
²⁵ τὸ δὲ εὖρος] sic jam prius dedi. Ponunt Baldus et Vincent. Quasi ex conjectura ponit Wescher,
— τὸ δὲ εὖρον M, — τὸ δὲ εὖρος F, — τὸ δ' εὖτερος (P₄) — τὸ δ' εὖρος Th. || ²⁶ δακτύλου διμοῖρον]
sic quasi ex conjectura ponit Wescher. Jam prius conjeci. Ponit Vincent, — δακτύλου διμοῖρον MP
(P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) Baldus, — δακτύλου διμερον F, — δακτύλου διμοῖρον V, — δακτύλον διμοῖρον
F₁ (P₁ P₂) Th. — δακτύλον διμοῖρον (P₁ marg) Th. marg. || ²⁷ κύλινδροι] κοιλινδροι M. || ²⁸ (χαλκοῖ

* 3 doigts et demi. — Dans l'alinéa 3 pré-
cédent, Héron dit que ces rubans sont rivés
avec des colliers, συμφυεῖς κλίκοις, ayant 1 doigt
d'ouverture libre (εὖρος est la largeur d'un évi-
dement). L'écartement des rubans étant de
3 $\frac{1}{2}$ doigts = 1 module, les colliers en question
sont donc de forme ovale. Leur grand axe ré-
pond à l'intervalle des rubans. Ils sont eux-
mêmes formés de bandes d'acier flexibles; et,
lorsque l'appareil est actionné par les battants,
les ovales se déforment, s'ouvrent en se rappro-
chant de la forme circulaire. Telle est l'inter-
prétation naturelle des alinéas 3 et 4 ci-dessus.
M. Vincent, au lieu de colliers ovales, propose
des rondelles plutes, rivées aux montants, et per-
cées d'un trou central, pour recevoir les barilletts,

freins, faisceaux élastiques (réduits à un fil uni-
que, mince et fort, par le savant académicien),
en un mot tout l'appareil névrotone ordinaire.

^f Des brides, πιτάρια. — Ces brides, nette-
ment figurées, dans tous les manuscrits, vers
les extrémités des rubans droits et du côté ex-
térieur, n'ont embarrassé aucun éditeur. Il reste
pourtant à savoir à quel intervalle l'une de
l'autre se trouvent les deux brides d'un même
montant, pour recevoir convenablement les
étriers des pivots. Cet écartement sera déterminé
plus loin (n° 327, 328) dans la Synthèse de la
Chirobaliste.

^g Κύλινδροι χαλκοῖ κοῦφοι, de légères cylindres
en bronze. — Κύλινδρος se dit d'une pièce façon-
née au tour, d'un profil quelconque. Dans ma

,B,Γ,Δ,Ε,Σ,Ζ,Η,Θ³⁰, μήκος
έχων έκαστος³⁰ δακτύλων
δύο³¹, πάχος δέ ίσον τῷ
τῶν³² κανονίων³³, τὴν δέ διά-
μετρον τοῦ εἴρους δακτύλου
Α καὶ γ'³⁴.

Ζ. Ἐχέτωσαν δὲ καὶ συμ-
φυεῖς³⁵ κρίκους περιειμέ-
νους τῇ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν
κυλίνδρων³⁶, τοὺς MM MM
MM MM³⁷, ἀπέχοντας ἀπὸ
τῶν ,B,Δ,Σ,Η³⁸ δάκτυλον

quorum quisque longitudinem
habeat digitorum 11, eam au-
tem crassitudinem quæ lami-
narum; diametrum autem,
juxta foramen, digiti 1 et ter-
tiæ.

7. Habeant quoque [cylind-
ric] collaria m_αm_β, m_γm_δ,
m_εm_ς, m_ζm_η, circumfixa
convexæ cylindrorum superfi-
ciei, intervallo ab b', d', j',
h', digiti unius cum quarta

telles que b'g', d'e', j'z', h'c',
ayant chacune deux doigts de
long, même épaisseur que
les rubans, et, du côté évidé,
un diamètre de 1 doigt un
tiers.

7. Avec ces chapes, et du
côté de leur surface convexe,
doivent faire corps des crapau-
dines, m_αm_β, m_γm_δ, m_εm_ς,
m_ζm_η, s'étendant à 1 doigt
un quart [des extrémités] b',

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

κοῦφοι)] χαλκουφοῖ (P₃P₄P₅) — χαλκοῦφοι Baldus. || ³⁰ Οἱ ,B,Γ,Δ,Ε,Σ,Ζ,Η,Θ] sic quasi ex con-
jectura ponit W. — οἱ βγ, δε, εζ, ηθ ex Th. jam prius dederam. Unciales eodem modo divisas
substituit Vincent. — οἱ βγ, δε, εζ, ηθ (P₆P₈P₉) — οἱ ,A,B,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η,Θ habet M, — οἱ αβγ, δεε.
ζηθ habet F — δ BΓΔΕΣΖΗΘ habent PV — οἱ αβγ,δε,ζη,θ habet F₁ — οἱ βγ, δε, εζ, ηθ (P₁P₇)
ὁ βγ δε εζ ηθ (P₂) — ὁ βγ, δε, σζ, νο (P₃) — οἱ βγ, δε, νο (P₄) — ὁ βγ δε σζ νο (P₆) — ὁ βγδε,
μνζο Baldus. || ³¹ ἔχων έκαστος] sic Wescher ex F — έκαστος ἔχων invertunt cet. codd. et edit. ||
³² δακτύλων δύο] sic Wescher quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁ — δακτύλων B ponunt PV, —
δακτύλων β (P₄P₅) — δακτύλων β vel β' cet. codd. — β Baldus, — β' ex Th. dederam. || ³³ (ίσον τῷ
τῶν)] sic restitui ex F₁ — ίσον τῶν cet. codd. et edit. || ³⁴ κανονίων] sic Wescher quasi ex M. Jam
prius ex Th. dedi. Ponit Vincent. Habent F₁(P₁P₂) — κανόνων PV (P₁ marg. P₃P₄P₆P₇P₉)
Baldus. Th. marg. — τοῖς κανόσι (P₈). || ³⁵ δακτύλου Α καὶ γ'] sic Wescher. — Prior δακτύλου α'γ"
conjeceram, — δακτύλου α'γ' scripsit Vincent, — δακτύλου ΑΓ ponunt MFV, — δακτύλου ενα καὶ γ'
habet F, — δακτύλων α'γ" habet F₁ — δακτύλων α'γ (P₂P₃) — δακτύλων α'γ Baldus, — δακτύλων α'γ"
Th. || ³⁶ συμφυεῖς συμφύης F. || ³⁷ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν κυλίνδρων] Post κύρτη cetera desunt in F
usque ad initium Γεγονέντω δὲ sequentis argumenti. — κυρτῇ φωνείᾳ V₂ marg. — κυρτῇ ἐπιφανεῖᾳ
τῶν βυλίνδρων (P₄P₅). || ³⁸ τοὺς MM MM MM MM] sic Wescher, signo M ex figura cod. M resti-
tuo. Signum octavum quasi M prior addendum conjeceram. Addit et Vincent, — τοὺς M M M M M M M M
habent MPV, — τοὺς omittit F₁ habetque μμμμμμ, — τοὺς μμμμμμ cet. codd. et Th. — μμ εἰ μμμ
Baldus. || ³⁹ ,B,Γ,Δ,Σ,Η] sic Wescher quasi ex cod. M figura. Prior dedit Vincent. — BΔ καὶ habet
M, — ,B,Δ,Σ,Η habent PV — βγ καὶ η habet F₁ — β,δ,ς,η (P₁P₈) — β,δ,ς,η (P₂) — β,δ,π,η (P₃) —

première édition, j'avais disposé ces *chapes* en
clochettes suspendues à des *pitons*; trompé en
cela par la figure (p. 118) de Thévenot, tirée
d'un manuscrit où les prétendus *crochets* de
suspension sont tout simplement le signe *ς* ou *c*
(*sigma* *lunaire*) servant de renvoi au texte. Mon
interprétation actuelle est rigoureusement con-
forme au sens naturel du grec. Je recommande
au lecteur l'examen des figures 31, 32 et 33,

et la démonstration que j'en donne plus loin
(n° 321 à 331). Aux yeux de M. Vincent, les
κύλινδροι χαλκοῖ κοῦφοι sont des pièces ana-
logues aux *burillets* du système *nérotone*. Le
détail D (fig. 23 ci-dessus) donne le croquis
des *chapes*, d'après le manuscrit de Paris 2438,
qui se rapproche le plus de la forme restituée
dans le présent travail.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Αδ' ³⁹, πλάτος δὲ ἐχέτωσαν
δακτύλου διμοῖρον ⁴⁰, πλάτος
δὲ τὸ ἴσον τῶν κανονίων.

parte; latitudinem autem [col-
laria] habeant bessis digiti,
eam autem quæ laminarum
crassitudinem.

d', j', h' [des chapes]; ces
crapaudines, dont la largeur
est de deux tiers de doigt ¹,
doivent avoir même épais-
seur que les rubans ci-des-
sus.

ἦ. Οἱ δὲ Β, Γ, Δ, Ε, Ζ
Η, Θ ⁴¹ κύλινδροι ⁴² ἐντομάς
ἐχέτωσαν κατὰ διάμετρον
τὰς ζς [ςς] ⁴³, εἰς ἃς ⁴⁴ κανό-
νια ἐμβεβλήσθω ἀρμοσγὰ κα-
τὰ πρόταφον, τὰ ΜΜ ΜΜ ⁴⁵,
μῆκος ἔχον ⁴⁶ ἐκότερον ⁴⁷ δακ-
τύλους Ι ⁴⁸, πλάτος δὲ δακτύ-
λου διμοῖρον ⁴⁹. [Σχῆμα ΚΔ.]

8. *Cylindri autem b'g',
d'e', j'z', h'c', habeant inci-
suras j, j, [j, j.] secundum
diametrum, quibus aptentur
per tempora laminæ m, m,
m, m, eminentes singulæ ad
digitos x, habentes autem lati-
tudinem bessis digiti.* [Figura
24.]

8. Les chapes b'g', d'e',
j'z', h'c', présentent, suivant
un plan diamétral, des fentes
j, j, [j, j], recevant ⁱ de pro-
fil des lames m, m, m, m,
ayant 10 doigts de longueur,
avec une largeur de deux
tiers de doigt ¹. [Figure 24.]

βδς ἡ (P₁ P₆) Baldus, — βδς η — (P₆) βδς η (P₁ P₆) — β, δ, ζ, η ex Th. dederam. || ³⁹ Α δ'] Α καὶ δ'
vel Αδ' plerique codd. — α'δ' ex Th. dederam, — α καὶ δ' Vincent, — Α καὶ δ' Wescher, — Ας'δ'
habent P₁ P₃ P₇ P₉. Ponit Baldus. || ⁴⁰ δακτύλου διμοῖρον] sic Wescher quasi ex MPV. Prior dedit
Vincent, — δακτύλου διμοῖρον (P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) δακτύλον διμοῖρον F₁ (P₁). Ex Th. dederam. ||
⁴¹ Οἱ δὲ Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ] sic W. quasi ex M. Prior Vincent. — Ipse οἱ δὲ αβ, γδ, ζς, ηθ conje-
ceram prius, — οἱ δὲ β, γ, δ, ζ, η, ο ponit Th. — οἱ δὲ β, γ, δ, ζ, η, θ habet F₁ — οἱ Δ, Β, Γ, Δ
ΕΖΗΘ habent PV, — οἱ δβγδζςζηο (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) — οἱ δβγδςο (P₆ P₉) — α δβγδςο Baldus. ||
⁴² κύλινδροι] sic W. quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁. Omittunt PV (P₁ P₂ . . . P₉ P₉) Baldus et Th.
Ipse quoque omiseram. || ⁴³ ζς [ςς] sic conjeci restituendum — ζςςς conjecit W. ex codd. M, figura. ||
Prior IV signa ζ, ζ, ζ, ζ, dedit Vincent — ζς ponunt tantummodo cet. codd. et edit. || ⁴⁴ ἃς] omitt. MF₁. ||
⁴⁵ τὰ ΜΜΜΜ] sic W. Habet F₁ — τὰ omittit M — τὰ Μ, Μ, Μ, Μ prior Vincent — ΜΜΜ habet PV — μμμ
(P₁ P₂ P₃ P₄) Th. — μμμς (P₄ P₅ P₆ P₉) Baldus, — μμμς (P₇) — μμ, μμ prius conjeceram. || ⁴⁶ ἔχον]
sic W. quasi ex conjectura. Ponunt Bald. Th. et Vincent. Ipse dederam, — ἔχων M. || ⁴⁷ ἐκότερον]
ἐκότερον Bald. marg. || ⁴⁸ δακτύλους Ι] δακτύλους Γ aut γ codd. ex confusione uncialium Ι et Γ. ||
⁴⁹ δακτύλου διμοῖρον] sic W. quasi ex M. Ex Th. dedi prius. Ponit Vincent. Habet F₁ (P₁ P₅ P₆ P₉)
— δακτύλου διμοῖρον PV (P₂ P₃ P₄ P₆ P₇) δακτύλους διμοῖρον Baldus.

¹ Ces colliers, faisant corps avec les chapes du
côté bombé de ces dernières, περικειμένους τῇ
κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν κυλινδρῶν, sont les crapau-
dines mêmes des pivots. Ceux-ci sont de simples
tourillons transversaux ajustés sur les ballants.
On doit admettre que les crapaudines, formant
le prolongement des chapes, sont du même mor-
ceau que celles-ci. Cette interprétation peut se
concilier avec συμφυεῖς, qui indique d'ordinaire
l'assemblage de deux pièces distinctes, mais
fixées l'une à l'autre d'une manière rigide.

ⁱ Ces fentes diamétrales sont clairement in-
diquées fig. 24. Les étriers qui s'y ajustent s'en-
gagent, par les extrémités opposées, dans les
brides rectangulaires (πιτάρια) des rubans mon-
tants. L'auteur n'indique pas l'épaisseur de ces
étriers; elle doit cependant se prêter au jeu de
flexion des ressorts. M. Vincent assigne aux
étriers le rôle de clavettes ou freins du système
névrotone.

^j Il faut remarquer l'uniformité d'épaisseur
assignée par Héron aux rubans, colliers ovales,

[Δ. ΚΑΜΑΡΙΟΤ ΚΑΙ ΚΑΙΜΑΡΙΟΤ ΚΑΤΑ-
ΣΚΕΤΗ.][IV. PORTICUS ET SCALE CON-
STRUCTIO.][§ IV. STRUCTURE DU PORTIQUE
ET DE L'ÉCHELETTE.]LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

α. Γεγονέτω δὲ καὶ¹ τὸ
καλούμενον Καμάριον², τῷ
σχήματι οἶον ὑπογράφεται
τὸ ΑΒΓΔΕΖΗ³, ἔχον τὴν μὲν
ΓΕ⁴ ποδὸς ἐνὸς καὶ δακτύ-

1. Fiat quoque id quod
Καμάριον seu Porticus voca-
tur, ea quæ infra ABGDEZH
figura delineatur, cujus GE
longitudo pedis sit unius et di-

1. Soit encore^a la partie
nommée Arcade^b, représen-
tée en ABGDEZH sur la
fig. [26, p. 138]. De G en E,
elle mesure un pied 7 doigts

B. 65. Th. 118.
Pr. 24. Vt. 58.
W. 130.

¹ Γεγονέτω δὲ καὶ] sic W. ex F. — γέγονεν δὲ M. — γεγονέτω καὶ PV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈)
Baldus. Ego ipse prius. Vincent. — δὲ καὶ omittunt F₁ (P₈) Th. || ² καμάριον] μακρίον M. || ³ τὸ
ΑΒΓΔΕΖΗ] sic Wescher quasi ex M. Prior Vincent. — τὸ. αβ. γδ εζη habet F. — τὸ αβγδεζη ha-
bet F₁ — τὸ α ceteri codd. — τὸ α Baldus. Ex Th. prius dederam. || ⁴ ἔχον τὴν μὲν ΓΕ] sic W.
quasi ex MF. Prior Vincent Habet F₁. — ἔχοντι τομὰς ΙΕ ponunt P (P₁ marg.) — ἔχοντι τὴν ΙΕ habet
V. — ἔχοντι τὴν μὲν ιε (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Baldus, — ἔχοντι τὰς μὲν ιε Th. — ἔχοντι τὰς μὲν ιε

brides, chapes et crapaudines. Elle doit s'étendre
aux étriers des pivots. Elle avait pour principe
de permettre de découper les bandes formant
les rubans, ovales, brides et étriers, dans une
même plaque de métal. L'industrie antique
fournissait sans doute l'acier sous forme de
planches minces ou tôles, de dimensions limi-
tées et d'épaisseurs graduées. Toutes les pièces
flexibles ont ici $\frac{1}{12}$ de doigt, dimension qui ré-
vèle suffisamment une épaisseur du commerce.

^a Γεγονέτω δὲ καὶ τὸ . . . κ.τ.λ — La liaison
δὲ καὶ montre l'intimité existant entre les § III
et IV. Thévenot et M. Vincent omettent δὲ.
Baldi omet καὶ. Les mots δὲ καὶ se trouvent
également au début des § III et V. Ces liaisons,
avec les renvois continuels du § II au § I, m'a-
vaient fixé, dès l'origine, sur l'unité du sys-
tème de la Chirobaliste (voy. ma 1^{re} édit. p. 29).

^b Arcade, Καμάριον, littéralement : petite
voûte. On a vu, dans l'Introduction historique,
les efforts tentés par Baldi et sanctionnés par
l'école à sa suite, pour rattacher le μακρίον,
machine supposée spéciale, aux Καμαρία d'Hé-
ron, dont parle Eutocius. La voûte sert ici,
non-seulement à orner la cage où se trouve in-
stallé l'organe balistique de l'arme, mais encore

à faciliter la pose du trait sur le tiroir, en
offrant à l'archer un débouché suffisant pour pas-
ser la main. L'ouverture de la voûte est, en effet,
de 5 doigts. (Cf. ma Lettre à M. Vincent, 1863,
p. 40, note 1.) D'un autre côté, l'invention de
la Chirobaliste eut pour objet, ainsi qu'on l'a
vu dans la première partie du présent travail, de
créer une arme portative s'éloignant le moins pos-
sible des formes officielles de l'artillerie contem-
poraine. Telle fut l'idée mère de l'adoption des
ressorts. L'arcade, montée sur de légères colon-
nettes et réduite à une sorte de toit, avec une
petite voûte centrale, favorisa la réduction du
poids de la cage. Il en fut de même de l'éche-
lette, formée de deux longerons, flanqués d'arcs-
boutants qui rappellent les tables du bâti de l'e-
u-thytone, découpées en arc de cercle à la partie
postérieure. (Voy. plus haut, fig. 11, p. 74.) Du
reste, dans le système des ressorts, toutes les
réactions sont horizontales, tandis que les fais-
ceaux névrotones comprimaient violemment,
dans le sens vertical, les écussons et les pieds-
droits. Ces pièces exigeaient donc une épaisseur
énorme; celle des écussons atteignait un module.
A tous les points de vue, les ressorts fournirent
la solution d'une arme à la fois puissante, solide,
portative.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 25. Échelette et Portique d'après le manuscrit de Mynas.

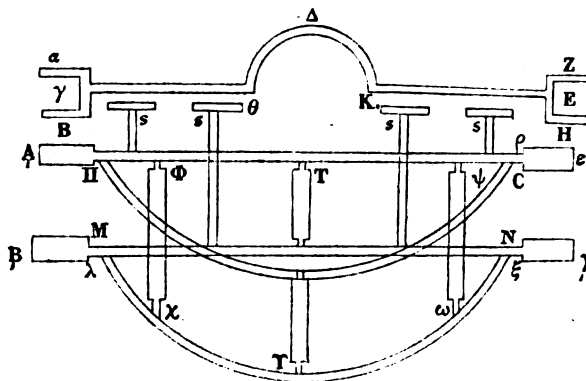
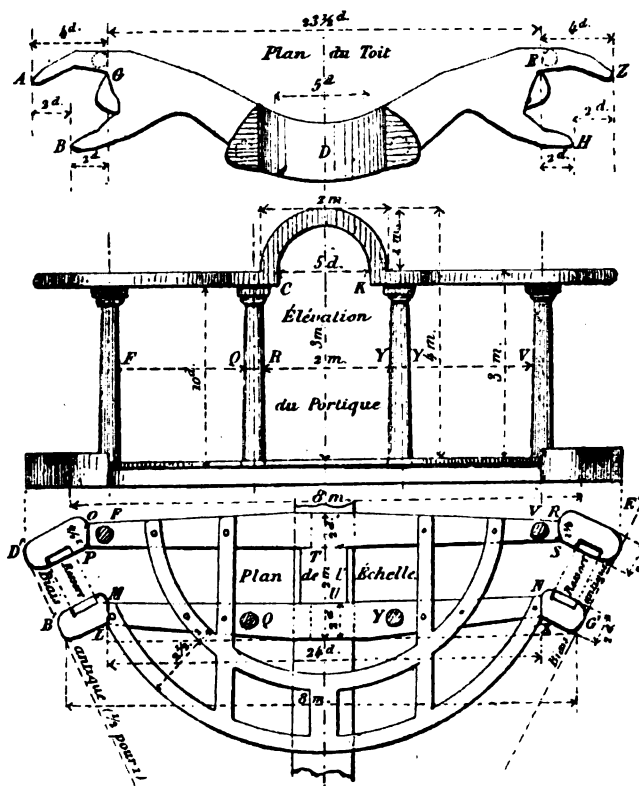


Fig. 26. Restitution du Portique ou Cage.



λων $\overline{ZC}^5$, τὸ δὲ διάστημα τοῦ
Καμαρίου⁶ τὸ ΘΚ⁷ δακτύλων
Ἐ.

β. Τὸ δὲ μήκος-ἐκατέρας⁸
τῶν ΑΖ⁹ δακτύλων Ἀ, ἐκα-
τέρας¹⁰ δὲ τῶν ΒΗ¹¹ δακτύ-
λων Β¹². τὸ δὲ μεταξύ διά-

gitorum VII cum dimidio; in-
tervallum autem CK porticus
sit digitorum quinque.

2. Longitudo autem utrius-
que A et Z sit digitorum IV,
utriusque vero B et H digito-
rum II. Intervallum autem

et demi de longueur*. L'ou-
verture de la voûte CK est
de 5 doigts⁴.

2. Chacune des branches
A et Z est en saillie de 4
doigts, et chacune des bran-
ches B et H de 2 doigts*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

prius conjeceram. || ⁵ $\overline{ZC}$] sic Wescher, — ζς Baldus, — ζζ" ex Th. dederam, — ζζ scripsit Vincent.

⁶ τοῦ καμαρίου] καρίου (P₃ P₄) — καμαρίου (P₄ marg.) — τοῦ καμαρίου κτλ. usque ad διάστημα τῶν
AB desunt in F. || ⁷ ΘΚ] sic Wescher. quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁, — OK habent PV, ex
confusione uncialium O et Θ, — οκ ceteri codd. — οκ Baldus. Ex Th. dederam. || ⁸ ἐκατέρας]
sic Wescher quasi ex M. Prior Baldus. Ponit Vincent. Habet F₁, — ἐκατέρου PV (P₁ P₆). Ex Th.
dederam. || ⁹ ΑΖ] sic Wescher quasi ex M, — A, Z prior Vincent, — αζ habet F₁, — ΑΞ habent
PV unde αξ cet. codd. — αξ Th. — αβ Baldus. Ipse ego prius. || ¹⁰ ἐκατέρας] sic Wescher quasi ex
M. Ponit Vincent. Dederat Baldus. Habet F₁, — ἐκατέρου PV (P₁ P₆). Ex Th. dederam prius. ||

¹¹ ΒΗ] sic W. Prior Vincent, — βη codd. excepto τβη (P₄) — βη Baldus et Th. — ζη ego prius. ||

¹² δακτύλων Β] δύο habent (P₁ P₄ P₆ P₉) Baldus. Ex Th. dederam.

* C'est la distance, de fond à fond, des ou-
vertures des deux mains. Dans la *Synthèse de la*
Chirobaliste, je démontrerai (n° 358 et suiv.)
l'existence de ces deux mains, dont le groupe
symbolique a servi à fixer le nom de l'arme. Ma
première édition montrait le toit terminé par
des fourchettes droites, à branches égales, entre
lesquelles se logaient les καμδέσρια. La dis-
cussion approfondie de ce détail nous conduira
bientôt à la réintégration des mains ci-dessus.
M. Vincent adopte les fourchettes primitives.

⁴ L'ouverture (5 doigts = 95^{mm}) indique suf-
fisamment un plein cintre. Les figures de tous
les manuscrits confirment cette interprétation :
je l'ai adoptée dès l'origine. M. Vincent (*Chirob.*
pl. III, fig. 8) forme la voûte d'une doucine à
double courbure, dont il est impossible de
fixer les naissances. Où prend-il les 5 doigts du
texte?

* Dans ma première édition, les quatre bran-
ches ci-dessus sont égales, mais les fourchettes
sont assujetties au biais extrême de l'échelette.
L'insuffisance des lettres de renvoi de la figure
(p. 119) de Thévenot avait d'ailleurs laissé in-
décis pour moi le sens du biais. Dans les divers
manuscrits, l'obliquité extrême de l'échelette

semble converger vers la pointe du tiroir, et
j'avais adopté cette indication, à laquelle
M. Vincent s'est également conformé. Mais il ne
peut rester aucun doute sur la convergence du
biais vers la crosse de la machine. Voici pourquoi :

1° Les branches A et Z de la fourchette
sont situées, d'après les figures des meil-
leurs manuscrits, sur l'avant du toit, et les
branches B et H sur l'arrière. Or A et Z sont
en saillie de 4 doigts, et B et H de 2 doigts
par rapport aux fonds G et E des fourchettes.
Le biais du toit converge donc vers l'arrière.

2° De même, le longeron d'avant de l'éche-
lette, noté OPRS sur les figures des manus-
crits, a 26 doigts de long, et le longeron d'ar-
rière LMNX a seulement 24 doigts. Dans
l'échelette, comme dans le toit, le biais converge
donc vers l'arrière de l'arme.

3° Cette orientation du biais est d'ailleurs con-
forme à celle des ailes du Palintone, ainsi que
je l'ai démontré le premier dans la *Bélopée*.

Quant à sa grandeur dans la *Chirobaliste*,
elle résultera de la *synthèse* de la machine. Dès
à présent, je puis annoncer que ce biais mesure
 $\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur, absolument comme
dans les Palintones (Th. 132, KR. 218,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

σημα τῶν AB καὶ [τῶν] ZH¹³
ὡς δακτύλων¹⁴ ΓC¹⁵. πᾶχος
δὲ ἐχέτω ἴσον τῶν προειρη-
μένων¹⁶ κανονίων¹⁷.

W. 131.

γ. Τὸ δὲ καλούμενον Κλι-
μάκιον¹⁸ ἐστὶ τὸ¹⁹ ΑΜΝΞ

quod patet inter A et B item-
que inter Z et H sit quasi di-
gitorum IIII cum dimidio.
Crassitudo vero [cujusque A,
B, Z, H] sit eadem quæ in
supradictis regulis.

3. Fiat quoque LMNX,
OPRS, quod Κλιμάκιον seu

Les intervalles AB et ZH
sont d'environ 3 doigts et
demi¹. L'épaisseur des quatre
branches [A, B, Z, H] doit
être égale à celle des pièces
dont on vient de parler².

3. Soit, en outre, la par-
tie nommée Échelette, telle

¹³ (τῶν AB καὶ ZH) sic Wescher ex MFPV, — τῶν αβ καὶ ζη habent F₁ (P₁ P₃ P₅ P₆) Baldus. Ex Th. dederam, — τοῦ αβ καὶ ζη (P₁ P₄ P₇ P₈ P₉) — τῶν AB καὶ [τῶν] ZH Vincent. || ¹⁴ (ὡς δακτύλων) sic Wescher quasi ex MPV. Ponit Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent, — ὡς δακτύλων (P₃ P₄) — τῶν δακτύλων (P₆). || ¹⁵ ΓC sic Wescher quasi ex MPV, — γς F₁ (P₁ P₆) — γς cet. codd. — γς ex Th. dederam, — γς scripsit Vincent, — α Baldus. || ¹⁶ (προειρημένων) προσειρημένων ex errore typographico prius dederam. || ¹⁷ (κανονίων) omittunt (P₅ P₆) Baldus. || ¹⁸ Κλιμάκιον sic Wescher quasi correctum ex M, ubi καμακίον ex confusione uncialium A et A in KA.MAKION irrepsit. At prius ipse ex Th. κλιμάκιον dedi. Ponit Vincent, — κλιμακιν V, — κλιμακίον P sec manu correctum, — καμάριον F₁, — κλιμακίον (P₁ P₄ P₆ P₇ P₈) Baldus, — κλίμακι (P₅). || ¹⁹ τὸ omittunt

W. 94). C'est ce double principe, découvert par moi dans la *Chirobaliste*, qui m'a fait reconstruire exactement, pour la première fois, l'épure des *écussons* de la *Bélopée*, et retrouver dans le texte même de ce traité la preuve du *battement extérieur des palintones*. En outre, l'épure du *biais* de la *Chirobaliste* m'a permis de fixer la position exacte de la *cage* des engins *névrotones*, par rapport au *corps* de ces machines. J'en ai conclu, enfin, que le système de l'artillerie des anciens reposait sur des principes certains et invariables, dont la précision n'avait pas encore été même soupçonnée. (V. plus haut, fig. 9, p. 69.)

¹ Comme de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, ὡς δακτύλων ΓC. Voilà une sorte d'approximation dont il faut rendre compte. Les *maines* tenaient serrés, entre le pouce et l'index, les *cadres* des *καμβέστρια* composés, comme on l'a vu plus haut (§ III, 2, note⁴) de 2 lames verticales espacées de 3 $\frac{1}{2}$ doigts = 1 module, et de $\frac{1}{16}$ doigt d'épaisseur chacune. La *largeur extérieure* des cadres était ainsi de 3 $\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{4}$ = 3 $\frac{3}{4}$ doigts. Ces cadres étaient donc *comprimés*, mais de leur épaisseur seulement, entre les *branches* ou *doigts des mains* découpées dans le toit. Cette compression initiale donnait plus de vigueur à la détente. Les

échancrures du toit rappellent d'ailleurs les *lucarnes névrotones*, dont le diamètre excédait 1 module, afin de tenir compte de l'épaisseur des *barillets*. J'ai déjà signalé (§ III, 4, note⁵) l'analogie de la *largeur* des cadres à *ressorts* avec le *diamètre* des *fusées névrotones*. Ces considérations m'ont suggéré l'idée de prendre 3 $\frac{1}{2}$ doigts pour le *MODULE* de la *Chirobaliste*, quantité dont les multiples se retrouvent, en effet, dans toute l'épure de l'arme. M. Vincent (*Chirob.* p. 42 et 43) évalue, dans une note spéciale, le *module* à 2 doigts, à cause des 2 doigts de largeur (*εὐρύς*) des *ovales*, qu'il prend pour des *rondelles*, percées d'un trou central de 2 doigts de diamètre, servant de siège à des *barillets névrotones*.

⁵ Τῶν προειρημένων κανονίων. — Les pièces en question sont la *voûte* et la *plate-bande* du toit. Il est naturel que les *branches* extrêmes de celui-ci aient une épaisseur égale à la sienne. J'avais supposé jadis, et M. Vincent a maintenu cette opinion, qu'il s'agit ici de *lunes* des *καμβέστρια*; mais n'oublions pas que toute l'*arcade* est en bois, ce qui rend ce rapprochement impossible.

ΟΠΡΣ²⁰, ἐκ δύο κανόνων²¹ τῷ σχήματι²² οἶον²³ ὑπογέγραπται, μήκος ἔχων ὁ μὲν ΟΠΡΣ²⁴ κανὼν²⁵ ποδὸς ἐνὸς²⁶ καὶ δακτύλων ἰ²⁷, ὁ δὲ ΑΜΝΞ ποδὸς ἐνὸς²⁸ καὶ δακτύλων ἡ²⁹, πλάτος δὲ πρὸς τοῖς γτ³⁰ μέρεσι³¹ δακτύλους β³², πρὸς δὲ τοῖς [ΑΜ ΝΞ] ΟΠ ΡΣ³³ δακτύλων³⁴ ἓνα τέταρτον³⁵. πᾶχος δὲ³⁶ ἐκάστου

Scala vocatur, ex duabus regulis compaginatam, ea quæ infra figura delineatur; quarum altera ΟΠΡΣ habeat longitudinem pedis 1 digitorum x, altera vero LMNX pedis 1 digitorum viii. Utriusque autem latitudo juxta T, U, sit digitorum ii, juxta vero [LM, NX] OP, RS, digiti unius et partis quartæ; crassitudo au-

que LMNX, OPRS, consistant en deux longerons, fig. [26, p. 138], dont l'un OPRS mesure 1 pied et 10 doigts, et l'autre LMNX un pied et 8 doigts de longueur^b. Leur largeur, en T et U, est de 2 doigts; en [LM, NX], OP, RS, elle est d'un doigt et quartⁱ. Quant aux sabots LB', NG', OD', RE', ils

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 66.

Baldus et Th. Ipse ego prius. || ²⁰ [ΑΜΝΞ ΟΠΡΣ] sic Wescher. Prior Vincent. — λμνξοπρς Th. — λμνξ, οπρς ego prius. — λμνξοπρς habet F₁ — λμνξοπρς (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅) — λμνξοπργ (P₄ P₅) Baldus. — λμνξ (P₅) qui sequentia οπρς κτλ. usque ad ποδὸς ἐνὸς omittit ex repetitione signi λμνξ. || ²¹ κανόνων] sic Wescher quasi ex MF. Prior Vincent. Habet F₁ — κανονίων PV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus. Ex Th. dederam. || ²² (τῷ σχήματι) σχήματι (P₉) Baldus. || ²³ (οἶον] sic Wescher. Dederant Bald. Th. et Vincent — οἶον omittit (P₄) Habent cet. codd. min. — οἶα ego prius. ²⁴ (ΟΠΡΣ)] οπρς (P) — ὁ πρς (F₁). || ²⁵ (κανὼν)] κανὼν πῆξ (P₁) — κανὼν πεκ (P₆) Th. — κανὼν Baldus et ego prius. || ²⁶ ποδὸς ἐνὸς] sic Wescher quasi ex F. Prius ex Th. dedi. Ponit Vincent. Habet (P₁) — ποδὸς Α habent MPV — ποδὸς α habent F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) — ποδὸς α Baldus. || ²⁷ ἰ] sic Wescher ex MFPV — ἰ habent F₁ (P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) — ι Baldus — δέκα (P₁) Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ²⁸ ἐνὸς] sic W. quasi ex F. Habent (P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus — Α habent MPV — α habent F₁ (P₁ P₆) Vincent — α' ex Th. dederam. || ²⁹ (ἡ)] sic W. Habent MP — η' ex Th. dederam, — η Baldus, — η (P₁ P₂ P₃... P₈ P₉) Vincent. || ³⁰ γτ] sic W. quasi ex M, — T, γ, prior Vincent, — γτ habet F, — Σγτ habent PV, — υτ habet F₁, — σῶτ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉), — σῶτ (P₃), — οντ Baldus, — σντ ex Th. dederam. || ³¹ (μέρεσι)] μέρεσιν F₁ (P₃ P₈). || ³² δακτύλους β] sic ex (M) scripsi, — δακτύλους δύο Wescher. — δακτύλους β' habet F, — δακτύλους β habet F₁, — δακτύλων β Baldus, — δακτύλων δύο (P₁). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ³³ [ΑΜ ΝΞ] ΟΠ ΡΣ] λμνξ, οπρς jam prius conjeci. — ΟΠΡΣ quasi ex MFPV ponit Wescher. Prior Vincent, — σπρς habet F₁, — σπρς (P₁ P₂... P₈ P₉) — οπρς Baldus et Thevenot. || ³⁴ δακτύλων] sic W. ex MF Habet F₁, — δακτύλων cet. codd. et edit. || ³⁵ ἓνα τέταρτον] sic recte Wescher ex F. — ΑΔ habet M, — αδ' habet F₁, — λδ (P) ex confusione uncialium Α et Δ. — ΛΘ habet V, — λδ vel λδ' cet. codd. — λδ Baldus, — λδ' Th. — γ'δ' prius conjeceram, — γδ' (?) cum signo dubitativo ponit Vincent. || ³⁶ πᾶχος δὲ] πᾶχος δὲ... quasi foret aliqua lacuna, punctis adjectis scripsit

^b Voir la note * ci-dessus.

ⁱ Δακτύλων ἓνα τέταρτον. — M. Wescher a rétabli cette cote d'après le manuscrit 140 de Vienne. Baldi et Thévenot écrivent λδ, altération de ΑΔ = 1 $\frac{1}{4}$, notation primitive, conservée par le manuscrit de Mynas. Dans ma première édition, j'avais corrigé γ'δ' = 3 $\frac{1}{4}$, et appliqué cette cote aux losanges figurant les sabots. M. Vincent l'a admise avec le signe (?)

en l'appliquant à la largeur extrême des longerons. Quant à ceux-ci, l'épure de l'échelette montre que la différence entre les largeurs moyennes et extrêmes s'explique par un léger biais donné aux arêtes extérieures des longerons. Leurs arêtes intérieures sont d'ailleurs rigoureusement parallèles, leur écartement est partout de 3 doigts, comme l'indique l'auteur; mais toutes deux sont inclinées de $\frac{1}{2}$ doigt vers l'avant.

τῶν³⁷ ΑΒΝΓ ΟΔΡΕ³⁸ τὸρ- tem cujusque soleæ LB', NG', ont chacun 2 doigts d'épais-
μων³⁹ ἐστὶν δακτύλων Β⁴⁰. OD', RE' sit digitorum 11. seur^j.
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
Th. 119. Vt. 60.

δ. Καὶ διηρήσθωσαν⁴¹ οἱ 4. Dividuntur etiam regulæ 4. Il faut, d'ailleurs, di-
AMNE OPIE⁴² κανόνες εἰς LMNX, OPRS, æqualiter in viser les longerons LMNX,
τρίᾳ ἰσα, τὰ⁴³ ΦΤΨΧΥΩ⁴⁴. tres, ita ut [ex FT = TV, et OPRS, en trois régions éga-
καὶ⁴⁵ τετρήσθω τὰ μὲν ΤΥ⁴⁶ QU = UY] fiat FQ = QY = les^k, telles que FQ = QY =

Wescher ex Vincent, qui lacunam istam mendosam explevit hujusmodi: *πάχος δὲ ἐκδόλου* [δακτύλων β, — *Μῆκος δὲ ἐκδόλου*] τῶν κτλ. || ³⁷ ἐκδόλου τῶν] sic ex Vincent conjectum scripsisse se profert Wescher. Prior ipse conjeci. — *ἐκαστος* τῶν cet. codd. et edit. || ³⁸ ΑΒ ΝΓ ΟΔ ΡΕ] sic quasi ex conjectura Wescher. Prior Vincent, — ΑΒ ΝΓΟ ΔΡΕ habet M, — λβ. γδ. δε. ρς habet F, — ΑΒΝΓΟΔΡΕ habent PV, — λβΝΓΟΔΡε habet F₁ — αβ̄ν̄ρ̄ο̄δ̄ς (P₁P₂...P₈P₉) — αβνροδρε Baldus, — αβνροδς Th. — λμ, νζ, οπ, ρς prius conjeceram. || ³⁹ τὸρμων] τὸρμων F. || ⁴⁰ Β] δύο (P₁). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ⁴¹ διηρήσθωσαν] sic Wescher — διηρήσθωσαν cet. codd. et edit. || ⁴² ΑΜΝΕ ΟΠΙΕ] sic Wescher quasi ex F₁ qui λμνξ. οπρς dividit. — Primus λμνξ, οπρς divisi, — ΑΜΝΕ ΟΠΙΕ Vincent — λμνξοπρς cet. codd. Baldus et Th. || ⁴³ (ἴσα τὰ)] sic Wescher quasi ex MFPV. Prior Th. Habent F₁ (P₁P₂P₃), — ὅλα τὰ prius conjeceram, — ἴσα omittit Vincent, — εἴτα τὰ (P₄P₅P₆) — ἴσα · ἴσα τῶ habet (P₃), — ἴτα + τὰ Baldus. || ⁴⁴ ΦΤΨΧΥΩ] sic W. quasi ex M. Primus Φτψχυνω dedit Thevenot, — Φ, τ, ψ, χ, υ, ω diviseram, — Φ, Τ, Ψ, Χ, Υ, Ω divisit Vincent, — Φτ. ψχ. υω habent FF₁, — ΦΤΨΧΥΩ habent PV, — Φτψχυνω (P₁P₂P₃P₆P₇P₈), — Φτψχυνως (P₄P₈) — Φτψως (P₆), — Φτψχως Baldus. || ⁴⁵ (καὶ)] omittunt (P₂) Baldus. || ⁴⁶ ΤΥ] sic Wescher quasi ex PV, — τυ Baldus et Th. — τ, υ diviseram, — Τ, Υ dividit Vincent, — τοι M videlicet ex *iotacismo* quo TOI = TY, — τυ' habet F, — τυ habet F₁, — τ̄υ vel τ̄ν reliqui codd. habent.

^j Les *sabots* ne sont donnés que par leur épaisseur, *πάχος δακτύλων δύο*, c'est-à-dire par leur dimension *verticale*. MM. Vincent et Wescher en concluent que le texte présente ici une lacune. La discussion du rôle des *sabots* permet d'en retrouver la *forme*, la *position* et les *dimensions précises*. Héron s'abstient de les expliquer, à cause des particularités du dispositif, que la figure seule pouvait rendre intelligibles. La sobriété du texte, loin de déceler une lacune, marque plutôt ici la sagacité de l'auteur qui, dans chaque cas analogue, confie au dessin le soin de reproduire clairement sa pensée. Il est aisé de reconnaître qu'Héron décrit une machine placée sous ses yeux, et dont les *ressorts* et les *ballants* se trouvent séparés. L'ordre même de sa description le prouve avec évidence. L'exactitude des cotes indiquées par lui montre, en même temps, le soin avec lequel il les relève. Les approximations dont il semble çà et là se contenter ne sont qu'apparentes, ainsi qu'on l'a vu plus haut (n° 128 à 131). La moindre

nuance est importante dans une restitution de ce genre. L'omission de la longueur des *sabots* conduit à penser qu'elle n'était point uniforme : l'épure donne, en effet, 3 $\frac{1}{4}$ doigts à celui d'*avant*, et 2 $\frac{1}{4}$ doigts seulement à celui d'*arrière*. Leur *largeur* est d'ailleurs égale à leur *épaisseur*; de sorte que *πάχος δακτύλων Β* mesure le *côté* de leur *section carrée*. Chez Héron d'Alexandrie, une dimension transversale *unique*, exprimée par *πάχος* ou par *πλάτος*, indique toujours, soit le *côté* d'un *carré*, soit le *diamètre* d'un *cercle*. Dans ma première édition, je figurais les *sabots* sous forme de *losanges* égaux, de même *base*, *hauteur* et *épaisseur*, orientés sous l'angle du biais. Ils avaient en tous sens 3 $\frac{1}{4}$ doigts. M. Vincent donne aux siens la forme rectangulaire, et place les plus grands à l'*arrière*, sans soupçonner l'importance technique de la grandeur et de la direction du *biais*. — En définitive, les *sabots* sont découpés dans le même bloc de bois que les *longerons* de l'*échelette*.

κατὰ τὸ μῆκος τρήμασι πα-
ραλληλογράμμοις⁴⁷, τὰ δὲ
ΦΧΨΩ⁴⁸ τρήμασι⁴⁹ στρογ-
γύλοις.

YV. *Fiat quoque juxta TU*
ad longitudinem incisio qua-
drangula; juxta autem F, Q,
V, Y, foramen rotundum.

YV. Puis, en T et U, le long
des mêmes pièces, on doit
pratiquer des mortaises rec-
tangulaires; enfin, en F, Q,
V, Y, doivent être forés des
trous ronds.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ε. Καὶ γεγενήσθω διαμή-
γιον⁵⁰ τὸ ΤΥ⁵¹, ἔχον τὸ μὲν⁵²
μῆκος χάρις τῶν τόρμων⁵³
δακτύλους Γ⁵⁴, τὸ δὲ πλάτος
δακτύλους δύο ἡμισυ⁵⁵.

ζ. Ἐστῶσαν⁵⁶ δὲ καὶ στυ-
λάρια τὰ ΦΧΨΩ, ἔχοντα⁵⁷
τὸ μῆκος, χάρις τῶν τόρμων,
δακτύλους Γ⁵⁸, τὸ δὲ πλάτος
δακτυλον ἓνα⁵⁹.

5. *Fiat quoque lignum*
transversum TU, cujus lon-
gitud, præter cardines, fiat
digitorum III, latitudo autem
digitorum II cum dimidio.

6. *Sint præterea columellæ*
F, Q, V, Y, quarum longitudo
præter cardines, fiat digito-
rum x, latitudo autem unius
digiti.

5. Soit aussi une traverse
TU, d'une longueur de 3
doigts, sans compter les te-
nons, et d'une largeur de
2 doigts et demi.

6. Soient enfin des co-
lonnettes F, Q, Y, V, lon-
gues de 10 doigts¹, sans
compter les tenons, et larges
d'un doigt.

⁴⁷ (παλληλογράμμοις) παλληλογράμμος P, — παλληλῆλοις γράμμοις (P₄ P₉). || ⁴⁸ ΦΧΨΩ] sic W. quasi ex MFPV, — ΦΧψω vel ΦΧ. ψω vel ΦΧψω ceteri codd. — ΦΧψω Baldus et Th. — Φ, χ, ψ, ω diviseram, — Φ, Χ, Ψ, Ω divisit et Vincent. || ⁴⁹ (τρήμασι) τρήμασι κτλ. usque ad ΦΧΨΩ ex repetitione signi ΦΧΨΩ desunt in Baldo. || ⁵⁰ (διαμήγιον) διὰ πηγίαν (P₄), — διὰ πηγίαν (P₈), — διὰ πηγίαν (P₉). || ⁵¹ ΤΥ] ΤΥ habet F. || ⁵² (ἔχον τὸ μὲν) ἔχοντα μὲν (P₄ P₈ P₉), — ἔχον τὰ μὲν (P₃ P₅). || ⁵³ τῶν τόρμων] τῶν τορμῶν habet F, — τῶν omitit (P₈). || ⁵⁴ (Γ) sic codd. excepto τρεῖς (P₄), — τρεῖς Th. — γ Baldus, — γ' scripseram, — γ Vincent. || ⁵⁵ δακτύλους δύο ἡμισυ] sic Wescher ex PV. Habent (P₃ P₄ P₈ P₉), — δακτύλους BC habet M, — δακτύλους βς habent F₁ (P₄ P₈ P₉), — δακτύλους βZ Vincent, — δακτύλων βς habet P₁, — δακτύλων δύο ἡμισυ (P₂), — δακτύλων βς ex Th. dederam. || ⁵⁶ Ἐστῶσαν] κτλ. usque ad δακτύλους BC, quasi ex repetitione signi BC, desunt in F. || ⁵⁷ ἔχοντα] ἔχον MF₁. || ⁵⁸ Γ] sic ex συμμετρίας organi correxi. Quin et philologie ex confusione uncialium Γ et I conjici potest, — Γ ponit Wescher. Habent codd. ple-
rique, — τρεῖς (P₁) Th. — τρισκαίδεκα prius conjeceram, — γ ponit Vincent. || ⁵⁹ ἓνα] BC Wes-
cher quasi ex MPV, — βς ex Th. dederam, — βZ scripsit Vincent, — δύο ἡμισυ habet (P₄) Ponit
Baldus, — βς vel βc vel δύος reliqui codd.

¹ Εἰς τρία ἴσα. C'est-à-dire que les colonnettes
doivent, par leur équidistance en élévation, di-
viser l'arcade en 3 compartiments égaux. Dans les
meilleurs manuscrits, les lettres Φ, Τ, Ψ, Χ,
Ω, sont placées près des traverses des arcs-bou-
tants de l'échelette. C'est évidemment une
erreur. J'observe que la traverse centrale de
l'échelette est déjà notée TU. Pour être exacte,
la notation Φ, Τ, Ψ, Χ, Ω, doit donc se réduire
à Φ, Ψ, Χ, Ω, et correspondre aux pieds des
quatre colonnettes. Elle est d'ailleurs ainsi ra-

menée à l'ordre alphabétique, et mise d'accord
avec le texte. M. Vincent supprime ἴσα et tra-
duit εἰς τρία par 3 points de division. Or mon
interprétation ci-dessus conduit à compter
7 doigts = 2 modules entre les colonnettes; et,
comme la cage, de l'échelette au toit, mesure
3 modules, chaque compartiment en élévation
mesure 2 de base sur 3 de hauteur, proportion
tout à fait harmonique.

¹ Δακτύλους Γ. Tous les manuscrits et édi-
tions donnent δακτύλους Γ = 3 doigts. J'ai corrigé

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Καὶ καθείσθωσαν⁶⁰ τὰ
Δ στυλάρια⁶¹ καὶ τὸ διαπή-
γιον εἰς τὰς ὀπὰς τῶν κανό-
νων, καὶ καθηλώσθωσαν⁶² οἱ
τόρμοι τοῦ διαπηγίου πρὸς
τοῖς κανόσιν⁶³ ἐπίουρας⁶⁴
ὥστε συνέχεσθαι τοὺς κανό-
νας καὶ⁶⁵ εἶναι αὐτῶν τὸ με-
ταξὺ διάστημα δακτύλων Γ⁶⁶.

η. Ἐστὶ⁶⁷ δὲ μὴν⁶⁸ καθηλώ-
σθωσαν⁶⁹ τῷ ΑΝ⁷⁰ κανόνι⁷¹
καὶ τῷ ΟΡ⁷² τὰ ζ⁷³, ἐφ' ἐκά-

7. *Defigantur autem istæ
columellæ in lignumque trans-
versum in regularum fora-
mina, clavisque transversarii
cardines, firmitatis gratia, sic
regulis aptentur, ut istæ coag-
mententur mediumque earum
permaneant digitorum III in-
tervallum.*

8. *Item clavis affigantur
regulis LN et OR arcuata
cornua ζ, ad utrumque latus*

7. Les 4 colonnettes,
ainsi que la traverse, doivent
être ajustées dans les trous
et mortaises des longerons;
et l'on aura soin de clouer
les tenons de la traverse,
afin d'assurer la rigidité de
l'assemblage^m et de mainte-
nir à 3 doigts l'écartement
entre les longerons.

8. Enfin, sur les longe-
rons LN et OR, à droite et
à gauche de la traverse TU,

⁶⁰ καθείσθωσαν] sic Wescher ex PV. Habent codd. plerique. Ponit Baldus, — κατείσθωσαν ex Th. dederam, — καθίσθωσαν M ex iotacismo, — καθήσθωσαν F (P₆) et Vincent, mendose : quippe non SEDERE, verum IMMITTI verbum hic καθιέναι significat, quod accusativo εἰς τὰς ὀπὰς probatur (cf. Burnouf, *Gramm. grec.* 1866, p. 144-145). || ⁶¹ τὰ Δ στυλάρια] sic Wescher. Habent PV et plerique codd. — τὰ δ στυλάρια ex Th. dederam, — τάτε στυλάρια ponit Wescher. — τὰ δ τε στυλάρια F₁. Ponit Vincent, — τὰ δς λάρια (P₄ P₅), — τὰ δ, ε τὰ δ Baldus. || ⁶² (καθηλώσθωσαν)] καηλούσθωσαν (P₅). || ⁶³ (κανόσιν)] κανόσι (P₁ P₂). || ⁶⁴ ἐπίουρας] sic ex Th. dedi prius. Habent PV (P₁ P₂ P₃ P₆ P₇ P₈), — ἐπίουραν (P₄ P₉), — ἐπηουρας Baldus, — ἐπὶ οὐρᾶς Wescher ex Vincent, — ἐπὶ ουρος MF₁, — ἐπὶ ὄρος F. || ⁶⁵ καὶ]. Habent MFPV (F₁ P₁ P₂ P₆ P₇ P₈). — Omittunt (P₃ P₄ P₅ P₉) Baldus. || ⁶⁶ (Γ)] τριών (P₅). || ⁶⁷ (ἔστι)] ἔστι Th. || ⁶⁸ δὲ μὴν] sic Wescher ex MFTV, — γε μὴν (P₈) Bald. Th. et Vincent, — γε μὴν dederam prius. || ⁶⁹ (καθηλώσθωσαν)] καηλώσθων· καὶ τῷ (P₂), — καηλούσθωσαν (P₅). || ⁷⁰ τῷ ΑΝ] sic Wescher quasi ex F. Prior Vincent. Habet F₁, — τῷ ΑΜΝ habet M, sed litteram Μ delendam notavit prima manus, — τὸ ΑΜ habent PV, unde τῷ λμ codd. min. ceteri Bald. et Th. — τῷ λμνξ prius conieceram. || ⁷¹ (κανόνι)] κανονίου (P₈). || ⁷² τῷ ΟΡ] sic W. Prior Vincent. Habent FVPF₁, — τὸ ΟΡ habet M, — τῷ ὀρ (P₁ P₂ P₃ P₆ P₇) Baldus. Th. — τῷ ῥρ (P₄ P₉), — τὸ ὀρ (P₅ P₈), — τῷ οπρς prius conieceram. || ⁷³ (τὰ ζ)] sic mihi τὰ ζς, plerisque codd. data, conjicienda videntur; quippe quæ non litteræ ostensivæ, verum formæ binorum arcuum in omnium codd. et edit. figuris

par conjecture graphique : la confusion de Γ avec Γ̄ est d'ailleurs continuelle dans les manuscrits. On trouvera dans la *synthèse* (n° 352-358) la démonstration de δακτύλους ἱ. M. Vincent prend les colonnettes pour des barreaux transversaux de l'échelette; et, comme à la traverse centrale, il leur donne 3 doigts de longueur, sans compter les tenons, χωρίς τῶν τόρμων. L'analogie des 3 doigts, en même temps que la mauvaise distribution des lettres de renvoi sur la figure, explique cette grave erreur du savant académicien. Les colonnettes, στυλάρια, sont figurées nettement dans tous les manus-

crits. Quant à leur largeur de 1 doigt, elle s'entend de leur diamètre, et je la déduis de la correction de δακτύλους BC, transformé en δακτύλον ένα. Les trous ronds par lesquels elles s'adaptent à l'échelette prouvent qu'elles sont cylindriques.

^m Πρὸς τοῖς κανόσιν ἐπίουρας. Mot à mot : pour maintien d'écartement aux longerons. Dans Homère (*Il.* K. 351) :

Ἄλλ' ὅτε δὴ ῥ' ἀπέην ὅσον τ' ἐπίουρα πέλονται
Ἡμιόνων...

Le mot ἐπίουρα semble indiquer l'intervalle mé-

τερα τοῦ ΤΤ⁷⁴ διαπήγματος, transversarii TU, quorum lon- il faut clouer des côtes ar-
 μήκος⁷⁵ ἔχοντα δακτύλων gitado sit digitorum XIII, quées, telles que ∞ⁿ, ayant
 ΙΓ⁷⁶, πλάτος δὲ δάκτυλον latitudo digiti 1, crassitudo 13 doigts de long°, un doigt
 ενα⁷⁷, πλάτος δὲ σύμμετρον⁷⁸. autem appropriata. Spatium de large et une épaisseur
 καὶ τετρήσθωσαν κατὰ τὸ autem inter ista vacuum pa- proportionnée. L'entre-côte
 μέσον, ἀπεχέτωσαν δὲ ἀπ' teat, ad intervallum digitorum doit être évidé^p, sur une

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

exstantium. Litteram quidem ε seu C uncialem quater summis columellis appositam, quasi ex M cod. figura comprobatur Wescher; sed minime τὰ ες columellis, paucis superius lineis descriptis, congruunt. Ex Καμαρίων figura, litteras φχψω radicibus στυλαρίων applicandas, litteras vero εςεε ex apice columellarum ad arcus κλιμακίου transferendas censeo. — τὰ omittit (P₃) ubi εε legitur. Signum εε arcuatis formis designandis optime congruit. || ⁷⁴ τοῦ ΤΤ] sic W. quasi ex MPV. Prior Vincent, — τὸν ΓΤ habet F, — τοῦ τῷ codd. min. — τοῦ τυ Baldus. Ex Th. dederam. || ⁷⁵ μήκος] μήκος V₃. || ⁷⁶ δακτύλων ΙΓ] sic ex συμμετρίας organi restitui. Philologice ex confusione uncialium Ι et Γ (pro ΙΓ) conjici rectissime potest. — δακτύλων Γ ex F ponit Wescher, — δάκτυλον Α habet M, — δακτύλων. . . . πλάτος δὲ omitt. PV, — δάκτυλον α F₁ et cet. codd. min. Bald. et Th. — δακτύλων Ιδ⁷⁹ prius conjeceram ex confusione uncialium Α et Δ (pro ΙΔ), — δάκτυλον α Vincent. || ⁷⁷ ενα] sic W. ex F. Habet (P₃), — Α habent MPV, — πλάτος δὲ δάκτυλον α omittunt (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Bald. Ex Th. omiseram. || ⁷⁸ σύμμετρον] σύμμετρος Baldus.

nagé entre les divers couples de mulets attelés à la charrue. C'est du moins l'opinion d'Aristarque. Eustathe penche pour l'interprétation τὰ μεταξύ διαστήματα, intervalle entre deux objets parallèles. C'est littéralement le cas actuel : ὅσῳ . . . εἶναι αὐτῶν τὸ μεταξύ διάστημα δακτύλων Γ. Héron semblerait avoir écrit πρὸς τοῖς κανόνιν ἐπίουρας sous l'impression d'une réminiscence d'Homère. Je me demande si le ἐπίουρον du poète ne serait pas, plutôt que l'intervalle conjecturé par Aristarque, une sorte de traverse en bois maintenant la croupe des mules attelées à la charrue, absolument comme le joug maintient leurs têtes, de manière à discipliner leur travail. Ἐπίουρον, littéralement, signifie pièce posée sur la queue. MM. Vincent et Wescher écrivent ἐπὶ οὐρας.

^a Τδ ∞. J'interprète ainsi la notation τὰ ες qui, dans les figures de la plupart des manuscrits, est appliquée aux colonnettes, par suite de la confusion expliquée plus haut (note ^k). L'auteur désignerait ainsi par leur forme, plutôt que par des lettres de renvoi spéciales, les arcs de contre-ventement de l'échelette, comptant sur la clarté de la figure pour en bien expliquer le détail. Ce qui me porte à le croire, c'est que le

manuscrit 2437 ou P₃ de Paris donne la notation εε, qui peut fort bien provenir du signe ∞ primitif. Biton (W. 58, note 9) offre un cas analogue, οὐον C ἀγκωνοειδεῖς, signalé par M. Miller (Journ. des Sav. avril 1868, p. 251). La position de ces arcs-boutants, d'après tous les manuscrits, est à l'arrière de l'échelette. Ils rappellent, comme je l'ai dit plus haut (note ^b), la courbure postérieure des tables de l'euthytone, d'après la Bêlopie. M. Vincent les place en avant de l'échelette, en tournant leur convexité vers la pointe du tiroir. C'est un regrettable contre-sens.

^o Δακτύλων ΙΓ. Les bons manuscrits donnent Γ. J'ai restitué ΙΓ d'après l'épure. La disparition de l'I dans les manuscrits était si fréquente, que les anciens renoncèrent de bonne heure à introduire cette lettre dans leurs notations graphiques. Dans les nombres, l'i indicatif des dizaines est très-souvent omis par les copistes.

^p Τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον. Cela indique que les arcs-boutants, avec leurs traverses, étaient découpés dans une planchette unique, dont le milieu (entre les arcs) se trouvait ainsi évidé, mais consolidé par les traverses.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ἀλλήλων δακτύλους δύο $\bar{C}^{10}$. 11 cum dimidio. [Figura 26.] largeur de 2 doigts et demi.
[Σχήμα $\overline{B\bar{\Sigma}}$.] [Figure 26.]

307.

[$\bar{E}$. ΚΩΝΟΙΔΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.] [V. BRACHIORUM STRUCTURA.] [§ V. STRUCTURE DES BATTANTS.]

B. 66. Th. 110.
Pr. 26. Vl. 62.
W. 133.

α. Πεποιήσθωσαν¹ δὲ καὶ 1. Construantur quoque 1. Il faut préparer égale-
Κωνοειδῇ² δύο, τὰ ΑΒΓΔ brachiola duo, abgd, ezhc, ment deux talons conoïdes*,
ΕΖΗΘ, ἔχον ἐκάτερον τὸ in coni figuram tornata; ha- abgd, ezhc, ayant chacun
μὲν μήκος³ δακτύλων $\overline{\Gamma\Delta}$ ⁴. beantque longitudinem digito- 3 $\frac{1}{2}$ doigts de longueur. Les

¹⁰ δακτύλους δύο $\bar{C}$] sic ex PV ($P_3 P_7 P_8$) scripsi. Ponit Baldus, — δακτύλους $\overline{B\bar{C}}$ ex M ponit W.
— δακτύλους βς habet F_1 , — δακτύλων $\overline{\beta\bar{\epsilon}}$ ($P_1 P_4 P_8$), — δακτύλων δυο C habet (P_1), — δακτύλους δύο
($P_4 P_9$) — δακτύλων $\beta' \epsilon''$ ex Th. dederam, — δακτύλους $\beta \angle$ Vincent.

¹ Πεποιήσθωσαν] πεποιήσθωσαν M, — Ἐποiehθωσαν Baldus, — πεποiehθωσαν errore typographico
dederam. || ² Κωνοειδῇ] κονοειδῇ F. || ³ ἔχον ἐκάτερον τὸ μὲν] sic prius conjei. Ponit Vincent,
— ἔχον μὲν ἐκάτερον ponit Wescher, — ἔχον μὲν ἕτερον MF_1 , — ἔχομεν ἕτερον F. P prima manus.
V prima manus (P_1 marg. $P_2 P_3 P_4 P_6 P_7$) Bald. Th. marg. — ἔχον ἐκάτερον P sec. manus. V sec. ma-
nus (P_1 marg.) Th. — ἔχοντα τὸ μὲν ($P_1 P_6$ marg) Th. — ἔχοντα ἐκάτερον (P_1), — ἔχοντα ἕτερον
(P_4), — ἐχόμενα ἕτερον (P_6 marg. P_8). || ⁴ δακτύλων $\overline{\Gamma\Delta}$] δακτύλων $\overline{IA}$ codd. omnes et edit. Error

* Κωνοειδῇ δύο. Les manuscrits assignent à ces pièces deux formes distinctes. Celui de Mynas et les autres de même source accusent très-nettement la forme tronconique, et la font régner sur presque toute la longueur de la pièce. Toutefois la broche engagée dans l'axe dépasse le conoïde d'une quantité très-notable; mais la base ou pommeau y manque complètement. Les manuscrits de l'édition byzantine, et, à leur exemple, l'édition de Thévenot, donnent aux κωνοειδῇ la forme d'une poire, dont la base fait l'office du bourrelet ci-dessus. Les tourillons transversaux qui servent de pivots aux battants y sont figurés par des angles saillants, à la partie supérieure des poires. Et, de même que, dans les manuscrits de la première série, les broches, à l'extérieur du corps tronconique, développent une certaine longueur. La figure 27 ci-après donne le dessin des κωνοειδῇ d'après le manuscrit de Médicis (2442) et d'après Thévenot (manuscrit de Paris 2438).

On peut admettre que la longueur de $\overline{IA}$ =

11 doigts, donnée par les mss. aux Κωνοειδῇ, comprend la longueur des broches. Cependant la quantité δακτύλων $\overline{IA}$ peut se corriger en $\overline{\Gamma\Delta} = 3 \frac{1}{2}$ doigts, longueur exacte du pommeau conoïde. Rappelons-nous que l'auteur décrit une machine placée sous ses yeux, mais dont les Καμβέστρια et les battants ont été enlevés et mis à part. Philon, nous l'avons vu (p. 105) atteste que ces pièces, séparées de la cage en temps de paix, se conservaient dans un étui. Héron a pu ne pas s'occuper de la longueur totale des broches, mais seulement de la pièce tronconique proprement dite, dont la longueur se réduit à la dimension appropriée à l'épaisseur du pommeau ou bourrelet formant le talon du battant. J'en ai conclu que les broches, avec leur tige allongée, avaient peut-être elles-mêmes une certaine flexibilité, favorable à l'effet utile de l'arme. Dans ma première édition, je faisais régner le manche sur toute la longueur du conoïde. M. Vincent, qui avait cru, pendant longtemps, reconnaître dans cette pièce un ré-

Τὸ δὲ πᾶχος τῶν AB EZ⁵ κορυφῶν⁶ ἐκάστου κωνοειδοῦς⁷ ἐχέτω δακτύλου τὸ ἥμισυ⁸, τὸ δὲ τῆς βάσεως πᾶχος ἐκάστου τῶν ΓΔ ΗΘ⁹ δακτύλου ἐνός.

β. Ἐχέτωσαν δὲ¹⁰ κατὰ μῆκος σωλήνας τετραγώνους¹¹ καὶ τόρμους ἐν ταῖς¹² AB EZ κορυφαῖς, ὥστε κα-
νονίων γενομένων¹³ συμφυῶν κρήκιοις¹⁴, ἀρμολίων¹⁵ τοῖς

rum III cum quarta parte. Utriusque autem brachioli in summo ab et ez crassitudo sit dimidii digiti, utriusque vero gd et hc ab radice digiti unius.

2. Brachiola autem habent secundum longitudinem tubos introrsus rectangulos, modiolosque [transversos] iuxta partes summas ab, ez, ita ut styli collaribus affixi, et

sommets ab, ez, de ces pièces, ont d'épaisseur un demi-doigt, et leurs bases^b gd, hc, un doigt.

2. Ces pièces sont percées, dans leur axe longitudinal, de trous carrés [ou mortaises], et munies, au droit des sommets ab, ez, de tourillons [transversaux]^d. De la sorte,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

fluxit ex similitudine uncialium I et Γ, A et Δ. || ⁵ τῶν AB EZ] sic Wescher quasi ex F, ubi τῶν αβ. εζ. Habet F₁, — τῶν αβ, εζ prior divisi, unde AB, EZ Vincent, — τῶν αβεξ vel αβ εζ cet. codd. — τῶν αβεξ Bald. et Th. || ⁶ (κορυφῶν)] κορυφοῦ (P₃ P₆) Baldus. || ⁷ κωνοειδοῦς] τοῦ κωνοειδοῦς habet F. || ⁸ δακτύλου τὸ ἥμισυ] sic Wescher quasi ex M. Primus Baldus. Ipse conjeceram. Ponit Vincent. Habet F₁, — δακτύλων τὸ ἥμισυ habent PV et cet. codd. min. Th. — δακτύλον μ' habet F. || ⁹ τῶν ΓΔ ΗΘ] sic Wescher quasi ex F dividit, ubi γδ. ηθ legitur. Primus γδ, ηθ divisa edidi, unde ΓΔ, ΗΘ Vincent, — γδ ηθ habent (P₁ P₂), — γδ ηθ habent F₁ (P₇) — γδ ηθ (P₃ P₄ P₆ P₈ P₉), — γδ ηθ Bald. et Thévenot. || ¹⁰ (δὲ)] Omittit (P₈). || ¹¹ σωλήνας τετραγώνους] σωλήνας τετρ. . . PV, — τετραγώνους σωλήνας (P₁). || ¹² ἐν ταῖς] ἐν omittunt MF₁. || ¹³ γενομένων] sic Wescher ex M. Habet F₁ — γινομένων Vincent, — γένεσθαι FPV (P₁ P₂ P₆ P₇) — γένεσθαι Baldus. Ex Th. dederam, — γεγενῆσθαι (P₈ P₉). || ¹⁴ (κρήκιοις)] κρήκιοις errore typographico dederam. || ¹⁵ ἀρμολίων] ἀρμολίων F, — αἰμολίων PV.]

servoir d'air comprimé, a fini par m'emprunter ma première solution des Κωνοειδῆ. Toutefois il donne au bois 11 doigts de long, et une saillie presque égale aux broches, en leur laissant une très-faible section. D'après sa figure 2 (pl. IV), les bras mesurent en tout 18 doigts. Je rends en latin κωνοειδῆ par brachiola, terme appliqué par Végèce (*De re milit.* II, xv) aux battants de la baliste.

^b Πᾶχος τῶν κορυφῶν, πᾶχος τῆς βάσεως. — Vitruve (*Schn.* I, 292) traduit *crassitudo in summo, crassitudo ab radice*; j'imité son exemple. Le renflement ou pommeau de la base du battant est exigé par l'obliquité du bras sur le cadre des ressorts. Il permet au talon du bras d'appuyer normalement contre le fond de la gorge. J'ai donné (fig. 28) le profil mathématique de ce pommeau, au droit de son contour d'appui sur la gorge.

^c Σωλήνας τετραγώνους, mortaises, trous carrés, analogues à celui qui reçoit la queue d'un ciseau

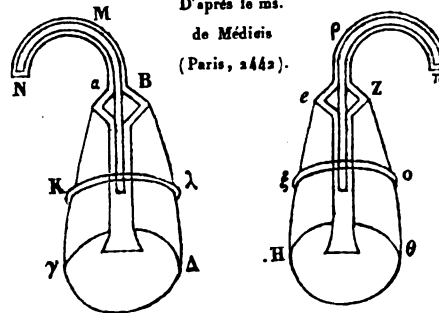
de menuisier, dans l'axe du manche. La section carrée empêche l'outil de tourner sur lui-même. Dans ma première édition, les 11 doigts de longueur, que j'assignais au manche, m'avaient fait supposer, pour expliquer la confection de cette rainure carrée intérieure, que ce manche était en bois, qu'on le fendait d'abord suivant l'axe, puis qu'on y pratiquait la rainure en question; après quoi les deux moitiés, rajustées ensemble, étaient maintenues en contact au moyen des viroles. Ce travail, je l'avoue, n'était pas sans difficulté; sur une longueur supposée de 209 millimètres, les conoïdes n'offrent, en effet, que 19 millimètres de diamètre à la base, et 9 $\frac{1}{2}$ au sommet. Aujourd'hui leur longueur se trouve réduite à 3 $\frac{1}{4}$ doigts; et il n'est pas douteux que ces talons étaient fondus en bronze. La saillie des broches complète néanmoins la longueur totale de 11 doigts.

^d Τόρμους ἐν ταῖς κορυφαῖς. Ce sont des tourillons transversaux, faisant corps avec le co-

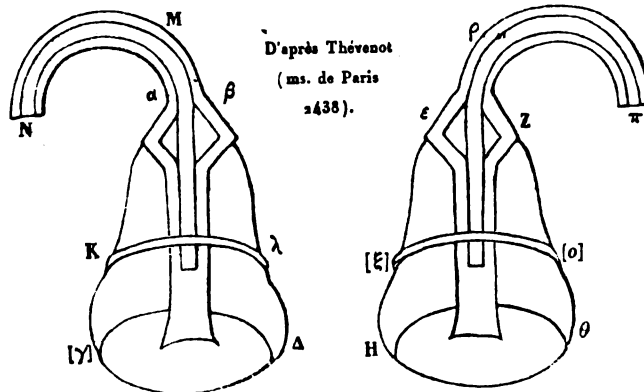
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 27. *Κωροειδής* ou Battants.

D'après le ms.
de Médicis
(Paris, 2442).

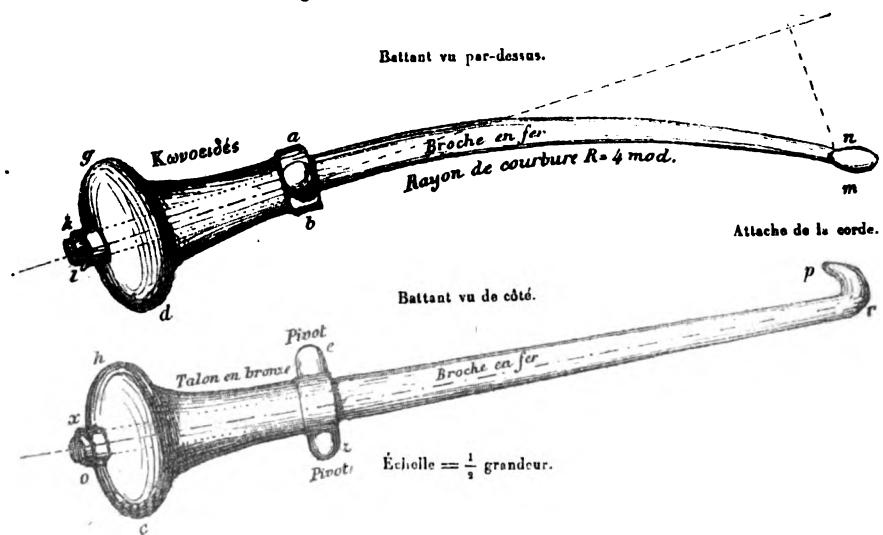


D'après Thévenot
(ms. de Paris
2438).



Les lettres entre crochets sont fournies par le ms. de Médicis (Paris, 2442).

Fig. 28. Restitution des Battants.



τόρμοις καὶ τοῖς σωλήσιν¹⁶, *cam tubis modiolisque coag-*
*ἐκκομίζεσθαι*¹⁷ ἐπὶ τῶν σω- *mentati, sustineantur pertubos*
*λήνων*¹⁸ καὶ τῶν τόρμων ἐν *et modiolos in brachioliis fa-*
*τοῖς κωνοειδέσι*¹⁹ γεγονό- *brefactos.*
*των*²⁰.

des broches serrées par des
 écrous, en s'ajustant dans les
 mortaises, s'assemblent avec
 les tourillons. Mortaises et
 tourillons forment ainsi les
 points d'appui [ou pivots]
 des talons conoïdes.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

γ. Ἐσίωσαν δὲ τὰ μὲν κα-
 νόνια²¹ συμφοῇ τοῖς κρίκοις,
 τὰ²² ΚΑΜΝ, ΞΟΠΡ²³, κρί-
 κοι δὲ οἱ ΚΑ ΞΟ²⁴. ἀνακαμ-
 πὰς²⁵ δὲ ἐχέτωσαν τὰ κανό-
 νια πρὸς τοῖς πέρασι²⁶ τὰς²⁷
 ΜΝΠΡ, ὕψος ἐχούσας²⁸ δακτύ-
 λου τὸ ἥμισυ²⁹. [Σχῆμα ΒΗ.]

3. Sint igitur klmn, xopr,
 styli collaribus affixi; colla-
 ria autem kl, xo; habeant
 quoque styli in summis parti-
 bus curvaturas mn, pr, dimi-
 dio digito eminentes, [Fig. 28.]

3. Soient donc klmn, xo
 pr, les broches munies des
 écrous kl, xo. Ces tiges se
 terminent par des crochets
 mn, pr, formant saillie d'un
 demi-doigt*. [Fig. 28.]

¹⁶ (σωλήσιν)] σολήσιν videlicet errore typographico ponit Vincent. || ¹⁷ ἐκκομίζεσθαι] ἐκκοσμίζεσθαι
 habet M. || ¹⁸ (σωλήνων)] σολήνων ponit Vincent. || ¹⁹ κωνοειδέσι] κωνοειδέσι habet F. || ²⁰ (γεγονότων)]
 γεγονόσιν codd. et edit. — γεγονάσιν (P₁), — γεγόνασι (P₂, P₃). || ²¹ κανόνια] Post κανόνια scripsit πρὸς
 τοῖς πέρασι librarius in cod. M sed delevit idem. || ²² τὰ] τὰ δὲ MF₁, — τὰ F. || ²³ ΚΑΜΝ ΞΟΠΡ] sic
 Wescher, — κλμν, ξοπρ habent (P₁, P₂, P₃, P₄). Ex Th. diviseram, — ΚΑΜΝ, ΞΟΠΡ divisit Vincent. —
 ΚΑΜΝΡΞΠ habet M, — πμ. νρ. ξπ habet F. — ΚΤΜΝΞΠ habent PV, — πμΝξρπ habet F₁, — πλμνρπ
 (P₂, P₃, P₄), κλμνρπ Baldus, — κλμνξπ (P₇), — πλμνξπ (P₈, marg.) || ²⁴ ΚΑ ΞΟ] sic Wescher quasi
 ex M, — κλ, ξο primus divisi, — ΚΑ, ΞΟ ponit Vincent, — κλ, ξθ habet F, — κλξθ habet P. || ²⁵ ἀνα-
 καμπὰς] ἀναμνας habet M, — ἀνακαμπὰς δὲ ἐχέτω omittit F, — δ ἀνακαμπὰς habet (P₂). || ²⁶ πέρασι]
 πέρασιν MF₁. || ²⁷ τὰς] sic quasi ex conjectura Wescher. Primus restitui. Ponit Vincent, — τὰ cet.
 codd. et edit. || ²⁸ ὕψος ἐχούσας] ὕψος δὲ ἐχούσας habent MF₁. Ponit Wescher. || ²⁹ τὸ ἥμισυ] τὸ 5"
 habet F, — Post τὸ ἥμισυ... lacunam esse ex Vincent suspicatur Wescher, adjunctisque punctis
 notavit. At Vincent lacunam tantummodo sub fine gallicæ conversionis punctis adjectis indicat,
 mendose : quippe nullam in machinæ membrorum descriptione partem Hero Alexandrinus
 omisit.

noïde, au droit de sa petite base, et servant de
 pivots au battant. L'idée de ces tourillons, τόρ-
 μοι, est rendue, dans les manuscrits de la re-
 cension byzantine, par des renflements triangu-
 laires, figurés vers la pointe des Κωνοειδῆ pro-
 prement dits. (Voy. plus haut, fig. 27, Th. 120
 et W. 134.)

* Ὑψος ἐχούσας δακτύλου τὸ ἥμισυ. Ces cro-
 chets font, en effet, saillie de bas en haut (ὕψος)
 sur l'about des broches, pour recevoir la corde
 archère. On voit, en outre, sur tous les manus-
 crits, que ces broches ou tiges ne sont pas rec-
 tilignes. L'épure m'a conduit à leur donner une

forme arquée, d'environ 1 doigt de flèche. Leur
 section est ronde, et va en diminuant vers
 l'extrémité libre.

Ici se termine la description de la Chiro-
 baliste. M. Wescher la croit incomplète, et il
 termine le texte par la suspension τὸ ἥμισυ...
 M. Vincent, à qui il doit cette conjecture, sus-
 pend, non pas la fin du texte, mais sa propre
 traduction, par un sentiment de juste modestie,
 n'ayant pas conscience d'y avoir retrouvé
 toutes les pièces de la machine. La Synthèse de
 la Chirobaliste, donnée ci-après, démontrera, je
 l'espère, que l'auteur grec n'a omis aucun détail.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

QUATRIÈME PARTIE.

SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.

MÉTHODE DE DÉMONSTRATION.

308. A la simple lecture, on a pu constater les liaisons qui existent entre les différentes parties de l'opuscule d'Héron, et même l'enchaînement qui permet, jusqu'à un certain point, d'assigner à chaque pièce, sinon sa fonction propre, du moins sa position dans l'ensemble. Les divers détails y rappellent, en effet, presque partout les indications analogues des *Βελοποιϊκά* d'Héron et du livre IV de Philon de Byzance, avec une précision telle, que, si parfois une forme spéciale se refuse à une description claire, l'auteur prend soin de l'élucider à l'aide d'une figure.

309. J'insiste sur le fait, en vue de mettre à néant, une fois pour toutes, les imputations de Baldi et de l'école à la suite, au sujet des prétendues mutilations du texte de la *Χειροβαλλίστρα*. Les commentateurs n'en ont pas même soupçonné l'état d'intégrité réelle. Elle éclate pourtant, dès les éditions de Baldi et de Thévenot, où, malgré quelques notations incorrectes et quelques cotes inexactes, j'ai pu reconnaître, sans le secours de la diplomatique, la charpente d'un engin unique, complet, analogue à ceux des *Βελοποιϊκά*. Il est juste de venger les anciens, nos maîtres à tant d'égards, de torts imputables, le plus souvent, à d'impuissants interprètes. Dans la pratique, les ingénieurs de l'antiquité ne déployaient pas moins de science que les plus habiles d'entre les modernes. Leur mécanique, comme leur architecture, est là pour l'attester. Ils pensaient que l'expérience ne doit jamais dédaigner les principes. Ils regardaient la routine comme

l'école des paresseux. S'ils ont parfois mal défini quelque loi naturelle, ils l'appliquaient presque toujours avec une remarquable sagacité. L'invention des *ressorts métalliques*, telle que la décrit Philon de Byzance, en est une preuve incontestable. L'*horreur du vide* n'a point empêché les Grecs de créer la *Pneumatique*. Les machines simples, coin, poulie, mouffles, treuil, engrenages, chaîne sans fin, sont d'une haute antiquité. Les grues, fardiers, norias, tympanes, pompes, roues hydrauliques, etc., etc., sont décrits tout au long dans Vitruve³⁴⁴. La vis à écrou fournit à Archimède, son inventeur, le moyen de mettre à flot son grand vaisseau *La Ville de Syracuse*. Transformée en vis hydraulique, l'immortel ingénieur l'appropriera ensuite à l'épuisement de la cale³⁴⁵. Le roi de la mécanique moderne, le piston, est l'œuvre de Ctésibius, fils d'un barbier d'Alexandrie³⁴⁶.

Sans doute les anciens ont imparfaitement connu les lois de la résistance des matériaux. Leurs idées, à cet égard, sont assez confuses. En architecture, ils suivent de préférence les règles de l'esthétique; mais, dans leurs machines, ils ne sacrifient jamais la solidité à l'élégance. Toujours on les voit procéder avec réflexion, respectant le passé au profit de l'avenir; et c'est leur éternel honneur d'avoir inauguré, en toutes choses, des méthodes qui sont restées l'âme de la pratique courante, dans les applications de la science moderne.

310. Cette habileté souveraine des Grecs en matière technique ressort nettement du travail de synthèse que j'ai tenté sur la chirobaliste. Il s'agissait d'initier le lecteur à la marche graduelle de mes propres recherches. Je ne pouvais mieux faire que de les reprendre sous ses yeux. Chacun jugera ainsi du degré de confiance que mérite la solution proposée, et de l'influence qu'elle peut exercer sur la restitution de l'artillerie antique. La *χειροβαλλίστρα* a beaucoup d'analogie avec le *χαλκότονον*, sinon de Ctésibius, du moins de Philon de Byzance. L'engin à *ressorts de bronze* n'était, comme on l'a vu, qu'un perfectionnement du système *névrotone*; et, sous son épure élégante, la chirobaliste observe encore les traditions d'un art séculaire, jusque dans l'effort heureux tenté pour l'en affranchir. Aussi bien, entre les

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

gros calibres de la *Bélopée* et la *manubaliste* portative, éclate la ressemblance signalée par le poète ³⁴⁷ :

..... Facies non omnibus una,
Nec diversa tamen, qualem decet esse sororum.

311. Le commentaire donné plus haut, à l'appui de ma traduction des principaux éléments des *Βελοποιικά* ³⁴⁸, avait pour objet la restitution de l'épure des engins *palintone* et *euthytone*, déduite du tracé des *écussons biaux*. La chirobaliste semblait impliquer une structure analogue. Déjà, dans ma première édition, j'avais cherché à déduire du *bias* de l'échelette la méthode d'une reconstruction d'ensemble. Peut-être même, du tracé bien défini de l'engin, pouvais-je espérer l'explication de plusieurs points, encore obscurs, du système *névrotone*. Mais le *module* qui, dans l'artillerie primitive, est toujours un guide précieux, fait complètement défaut dans la chirobaliste. Avant tout, il fallait retrouver cette *mesure fondamentale* du système.

C'est par là que j'ai commencé mes recherches.

DU MODULE DE LA ΧΕΙΡΟΒΑΛΛΙΣΤΡΑ.

312. Dans l'engin *névrotone*, « le *diamètre de la lucarne*, dit Philon « de Byzance, constitue le *module* de toutes les autres dimensions ³⁴⁹. »

En d'autres termes, l'*unité fondamentale* est le *diamètre du faisceau* de torsion, au droit des barillels.

313. L'*analogie* nous montre, dans la chirobaliste, le cadre des *καμβέσρια*, de TROIS DOIGTS ET DEMI DE LARGE, substitué au faisceau primitif : « τὸ μεταξὺ διάστημα τῶν κανονίων δακτύλων $\overline{FC}$ ³⁵⁰. »

Il s'agit de savoir si cet *écartement* des montants du cadre joue également le rôle de *module* dans l'arme d'Héron d'Alexandrie.

Vérifications directes du module.

314. a. D'après l'auteur, les montants du cadre des *καμβέσρια* mesurent « $10 \frac{1}{2}$ doigts de hauteur, *μῆκος δακτύλου $\overline{IC}$* . »

Or

$$3 \times 3 \frac{1}{2} = 10 \frac{1}{2} = 3 \text{ modules}^{351}.$$

b. En largeur, ces montants ont *un peu plus de 1 doigt* $\frac{2}{3}$: *πλάτος δακτύλου διμοίρου μικρῶ πλεῖον*.

La dimension exacte serait

$$\frac{3 \frac{1}{2}}{2} = 1 \frac{3}{4} \text{ doigt} = \frac{1}{2} \text{ module}.$$

Le *μικρῶ πλεῖον* vaut donc exactement

$$\left(1 \frac{3}{4} - 1 \frac{2}{3}\right) = \frac{1}{12} \text{ doigt}^{352}.$$

c. L'écartement des montants, comme on l'a vu ci-dessus (n° 313), est de $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 MODULE³⁵³.

d. La largeur de l'échelette, sous la monture, est de 7 doigts = 2 modules³⁵⁴. Telle est aussi, d'après Philon, la largeur de la *table* de l'euthytone, *mesurée en son milieu* : *πλάτος (τοῦ περιτρήτου) ἐκ μέσου μετρούμενον διαμέτρων δύο*. La chirobaliste observe donc, dans cette dimension de sa cage, l'épure de l'euthytone³⁵⁵.

e. La longueur de la *monture*, en arrière de l'échelette, est de 28 doigts = 8 modules : *ποδὸς Ἀ ἡμίσεως καὶ δακτύλων Δ*³⁵⁶.

f. La longueur du tasseau, découpé en relief dans l'œuvre de la coulisse, d'après les dimensions du bois enlevé, est de 7 doigts = 2 modules³⁵⁷.

g. La largeur de la coulisse est de $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module : *πλάτος δακτύλους Γ*³⁵⁸.

Ainsi sept dimensions, directement fournies par le texte, sont des *multiples* ou des *fractions simples* de la quantité $3 \frac{1}{2}$ doigts, largeur interne des cadres élastiques, essayée comme MODULE, par analogie avec la *lucarne* des engins névrotones.

Vérifications indirectes du module.

315. L'étude qui va suivre en fournit un grand nombre. Sur 306

TOME XXVI, 2^e partie.

20

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

dimensions, déduites des 64 cotes du texte grec, on en compte 69 qui dérivent du *module* de 3 doigts $\frac{1}{2}$. Une telle multiplicité d'applications prouve l'indubitable authenticité de ce module. Je les dégagerai successivement, par voie de synthèse, des données mêmes du texte³⁵⁹. Le lecteur restera ainsi convaincu que je n'ai pas dévié, un seul instant, de la méthode vraiment philosophique qui convient à une pareille recherche.

SYNTHÈSE DES ΚΑΜΒΕΣΤΡΙΑ.

Tracé des Ovales.

316. Les montants des *καμβέστρια* sont reliés entre eux, à leurs extrémités, par des colliers ayant 2 doigts de large en dedans, *εἶρος δακτύλους δύο*³⁶⁰. Les montants étant espacés de 3 doigts $\frac{1}{2}$, les colliers sont donc *oblongs*, comme l'indique, du reste, la figure correspondante, dans la plupart des manuscrits. Le nom de *κρίκος*, que leur donne Héron, signifie *anneau*, *bracelet*, et, en général, *contour fermé et rigide, circulaire ou oblong*. La forme *ovale* est donc ici admissible. Mais comment les anciens traçaient-ils cette courbe? L'anse de panier moderne à trois centres remonte à Huygens. En quoi diffère-t-elle de l'ovale antique?

C'est ce qu'il est curieux d'examiner.

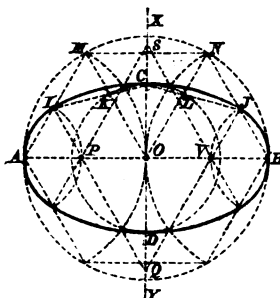
Posons d'abord une hypothèse approximative.

317. Héron assigne aux ovales *la même épaisseur qu'aux montants des cadres*, *πάχος τὸ αὐτὸ τοῖς κανονίοις*³⁶¹. Mais celle-ci est telle, dit le texte, *que les lames ploient difficilement*, *πάχος δὲ ὥστε μὴ εὐχερῶς κάμψεσθαι*³⁶². Les lames en question doivent donc être assez minces, c'est-à-dire que le grand diamètre *interne* de l'ovale ne doit pas être beaucoup moindre que 3 $\frac{1}{2}$ doigts (diamètre *externe*). L'anse de panier cherchée mesure donc 1 doigt de *montée* et près de 3 $\frac{1}{2}$ doigts d'*ouverture*. La quantité la plus voisine de 3 $\frac{1}{2}$ doigts est 3 $\frac{1}{4}$ doigts. Elle laisserait $\frac{1}{4}$ doigt pour la *triple épaisseur* du ruban du collier, à déduire de l'intervalle entre les montants des cadres, comme l'indique le plan de l'assemblage de l'ovale avec le montant (fig. 31

et 33). L'épaisseur du ruban serait ainsi de $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$ de doigt = $\frac{1}{40}$ de *module*, quantité *a priori* très-rationnelle³⁶³. Sa largeur est d'ailleurs de 1 doigt « *πλάτος δάκτυλον ἕνα.* »

318. Voici (fig. 29) le tracé, par la méthode moderne de l'anse à 3 centres, de l'ovale des *καμβέσγρια*, dans les dimensions ci-dessus³⁶⁴.

Fig. 29. Épure de l'ovale des ressorts d'après la méthode moderne.



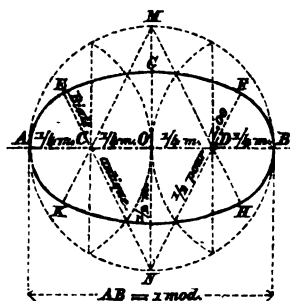
On y remarque :

Que les *centres latéraux* P, V, tombent sensiblement au *milieu* de chaque *moitié du grand axe*;

Et que le *centre du milieu*, S ou Q, se trouve très-rapproché de la *circonférence du grand axe*³⁶⁵.

Si les trois centres occupaient *exactement* les positions ci-dessus, l'ovale résultant différerait très-peu de celui qui précède. On en peut juger par le tracé suivant :

Fig. 30. Épure de l'ovale des ressorts d'après la méthode antique.



Les trois centres³⁶⁶ occupent les sommets d'un triangle de base $\overline{CD}$

égale à sa hauteur $\overline{ON}$. On en déduit $\overline{OC} = \frac{1}{3} \overline{ON}$. Les rayons extrêmes $\overline{NE}$, $\overline{NF}$, du grand arc sont donc tracés *sous le biais de $\frac{1}{3}$ de base pour 1 de hauteur*.

319. Ce *biais*, déjà restitué dans l'épure du *palintone*, reparait ici avec une évidence encore plus frappante. La simplicité de la méthode avait de bonne heure recommandé ce tracé de l'ovale à la préférence des anciens. Il n'est pas douteux que l'épure ci-dessus est exactement celle de l'ovale antique, dans le cas particulier des *καυδέσπια*. Je dois achever d'en convaincre le lecteur.

320. Dans les ovales en question, n'oublions pas que le *grand axe interne* est l'inconnue du problème.

L'anse obtenue par le tracé (fig. 30) a sa *montée* en rapport déterminé avec son *ouverture*, c'est-à-dire un *surbaissement fixe*, équivalent à 0.31, comme il est aisé d'en faire le calcul³⁶⁷. Dans l'anse antique à 3 centres, la *montée* est donc égale aux 31 centièmes de l'ouverture.

Réciproquement, l'ouverture égale $\frac{0}{0.31} = 3.23$ fois la *montée*³⁶⁸.

Dans le cas actuel, la *montée* = $\frac{1}{3}$ largeur en dedans = 1 doigt.

L'ouverture ou *diamètre interne* sera donc de 3.23 doigts; en nombre rond, à 0.02 de doigt = (0.00038 mètre) près : $3^d.25 = 3\frac{1}{4}$ doigts.

C'est la quantité approximative que j'avais adoptée *a priori*, en supposant aux rubans une épaisseur de $\frac{1}{12}$ de doigt. Celle-ci se trouve donc complètement justifiée³⁶⁹.

Et il en est de même de l'hypothèse relative au mode de formation de l'ovale et de sa jonction avec le montant du cadre. (Fig. 32.)

La *largeur externe* de l'ovale est donc $2^d + 2(\frac{1}{12})^d = 2\frac{1}{6}$ doigts; et, par suite, la *montée externe* est de $1\frac{1}{12}$ doigt. Son rapport à l'ouverture externe est donc $\frac{1^d \frac{1}{12}}{3^d \frac{1}{2}} = \frac{1.083}{3.50} = 0.31$, quantité égale au rapport de la *montée interne*.

Ainsi le principe du *biais antique*, appliqué à l'ovale des *καυδέσπια*, détermine rigoureusement le *tracé* de la courbe, et fixe en même temps l'épaisseur des *rubans*, laissée vague par Héron d'Alexandrie.

Nous verrons bientôt de nouvelles preuves confirmer l'exactitude des résultats qui précèdent. L'épaisseur, désormais certaine, des lames élastiques va servir de base à la restitution complète des *καμβέστρια*, à leur orientation dans la charpente de l'arme, à la confirmation de son caractère *palintone*, enfin à la restitution de l'épure complète de la *χειροβαλλίστρια*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Plan des étriers et chapes des pivots.

321. Les *brides* (*πιτλίαρια*, pièces en forme de Π) figurées vers les extrémités des montants des cadres, mesurent $\frac{2}{3}$ doigt d'ouverture, *εὔρος δακτύλου διμοίρον* ³⁷⁰.

De même, les *chapes* cylindriques en bronze léger sont fendues suivant un plan diamétral, pour recevoir de profil des lames de $\frac{2}{3}$ doigt de largeur; *κύλινδροι ἐντομάς ἐχέτωσαν κατὰ διάμετρον, . . . εἰς ἅς κανόνια ἐμβεβλήσθω ἄρμους ἀ κατὰ πρόταφον, πλάτος (ἔχον ἐκάτερον) δακτύλου διμοίρου* ³⁷¹.

Lesdites lames mesurent en longueur 10 doigts, *μῆκος δακτύλου 10* ³⁷².

Ces lames ne sont autre chose que les *étriers*, dont la largeur ($\frac{2}{3}$ doigt) s'adapte à l'ouverture ($\frac{2}{3}$ doigt) des *πιτλίαρια*. Chaque étrier développe bien 10 doigts de longueur. J'ai restitué la dimension *δακτύλους 1* à la place de *δακτύλους 10*, donnée par tous les manuscrits. Je dois à l'épure cette correction d'ailleurs conforme au procédé paléographique.

Les *étriers* s'ajustent, par les fentes ci-dessus, aux petites *chapes* de bronze évidé, *κύλινδροι χαλκοῖ κοῦφοι*, mesurant $1\frac{1}{3}$ doigt de diamètre interne, *τὴν διάμετρον τοῦ εὔρους δακτύλου Α καὶ γ'*, et de même épaisseur que les lames des ressorts, *πάχος δὲ ἴσον τῶν κανονίων* ³⁷³.

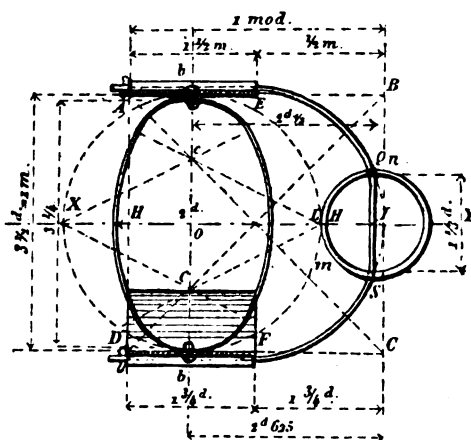
322. La figure 31 ci-après montre en plan ce dispositif.

L'axe *bb* figure le plan médian du cadre, et le point *o* est le centre de l'ovale. Les sections *AE* et *DF* sont les montants du cadre, distants entre eux de $\overline{AD} = 1$ module.

On a aussi $\overline{AE} = \overline{DF} = \frac{1}{2}$ module.

Achevons le carré $\overline{ABCD}$, dont $\overline{AEFD}$ sera la moitié, et menons les diagonales $\overline{AC}$ et $\overline{BD}$.

Fig. 31. Épure en plan du cadre-ressort.



Échelle = 0^m.01 pour doigt ($\frac{1}{2}$ environ).

Je prends $\overline{BC}$ pour limite de la portée $\overline{EB}$ de l'étrier, en décrivant cette pièce de manière que son arc extérieur soit tangent à $\overline{BC}$ au droit de l'axe XY . Il en résulte que l'étrier se trouve inscrit dans le carré $\overline{ABCD}$. Je trace en plan la chape $\overline{QS}$ de diamètre interne égal à $1 \frac{1}{5}$ doigt, en plaçant son centre I sur la corde $\overline{QS}$ de l'arc externe de l'étrier intercepté par la chape. Je donne à la chape $\frac{1}{12}$ de doigt d'épaisseur, comme aux lames des ressorts; et la chape se trouve alors tangente en L à la circonférence décrite sur le grand diamètre externe de l'ovale.

323. Héron passe sous silence l'épaisseur de la lame d'étrier. Il est naturel de la supposer égale à $\frac{1}{12}$ de doigt, épaisseur des autres lames du système. Selon toute probabilité, ces diverses lames se découpaient dans une même feuille de tôle. De tout temps, l'économie de la main-d'œuvre par l'uniformité du travail, a été l'objet pratique de l'industrie.

324. J'observe que l'étrier, en traversant la chape en Q et S, par

les entailles ménagées dans l'épaisseur de cette pièce, doit produire avec la chape un assemblage demeurant stable, sans le secours d'aucune autre pièce auxiliaire. Il suffit pour cela que la portion $\overline{QS}$ de l'étrier, interceptée par la chape, soit rectiligne. Il en résulte en Q et S deux coudes assez prononcés pour empêcher la chape de glisser le long de la courbure de l'étrier. De cette façon, la stabilité de la chape ne laisse rien à désirer. Il se trouve alors que la face rectiligne externe $\overline{QS}$ de l'étrier passe au centre I de la chape.

325. La distance $\overline{OI}$ du centre de l'ovale au centre de la chape est facile à calculer.

On a

$$\overline{OI} = \overline{OL} + \overline{LH} + \overline{HI}.$$

Or

$$\overline{OL} = \frac{1}{2} \text{ module} = \frac{1}{2} (3^d.50) = 1^d. \frac{3}{4} = 1^d.75,$$

$\overline{LH} = \frac{1}{12}$ doigt, épaisseur de la chape suivant le texte, $\pi\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma \text{ ἴσον } \tau\tilde{\omega} \tau\tilde{\omega}\nu \kappa\alpha\nu\omicron\nu\acute{\iota}\omega\nu$ (cf. n° 305, $\overline{\varsigma}$), soit $\overline{LH} = 0^d.085$.

Enfin $\overline{HI} = \frac{1}{2} \left(1 \frac{1}{3}\right)$ doigt, rayon interne de la chape; soit

$$\overline{HI} = \frac{2^d}{3} = 0^d.667.$$

Il vient donc

$$\overline{OI} = 1^d.750 + 0^d.085 + 0^d.667 = 2^d.502 = 2 \frac{1}{2} \text{ doigts.}$$

326. Maintenant, l'installation des ressorts dans la machine donne à la ligne $\overline{OI}$ une orientation $\overline{PS}$ (fig. 34) qu'il est aisé de reconnaître égale au *biais de $\frac{1}{3}$ pour 1*, par rapport à l'axe MN de l'échelette.

En effet, dans cette hypothèse, la projection $\overline{PC}$ de $\overline{PS}$ sur MN (fig. 34, p. 165) aura pour mesure

$$\overline{PC} = \overline{PS} \cos \overline{SPC} = \overline{PS} \times 0.894 = 2^d.50 \times 0.894 = 2^d.235 = 2 \frac{1}{4} \text{ doigts.}$$

Or, au § 4 de la *Χειροβαλλίστρα*, nous lisons qu'une certaine longueur $\overline{GE}$ ($\overline{SV}$, fig. 34) mesurée sur le *καμάριον*, a de longueur

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

1 pied $7 \frac{1}{2}$ doigts, τὴν μὲν ΓΕ ποδὸς ἐνὸς καὶ δακτύλων $\overline{ZC}$ ³⁷⁴. On a donc $\overline{GE} = 23 \frac{1}{2}$ doigts. Selon toute probabilité, c'est la distance des centres des chapes ou des pivots des battants. Dans cette hypothèse, en effet, la distance $\overline{PQ}$ des centres des ovals symétriques serait

$$\overline{PQ} = \overline{SV} + 2 \overline{PC} = \left(23 \frac{d_1}{2} + 2 \times 2 \frac{d_1}{4}\right) \text{ doigts} = \left(23 \frac{d_1}{2} + 4 \frac{d_1}{2}\right) = 28 \text{ doigts,}$$

soit $\overline{PQ} = 8$ MODULES! Cette valeur remarquable confirme tous les détails qui précèdent.

Élévation des cadres, brides, étriers, chapes et crapaudines.

327. Les montants du cadre ont $10 \frac{1}{2}$ doigts de longueur (ou hauteur), μήκος δακτύλους $\overline{IC}$ ³⁷⁵. Or $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 modules.

Il s'agit de distribuer sur cette hauteur les pièces complémentaires des καμβέσρια.

Les ovals occupent les extrémités, soit 1 doigt de hauteur à chaque bout³⁷⁶. Ils sont donc, sur chaque cadre, à $8 \frac{1}{2}$ doigts l'un de l'autre.

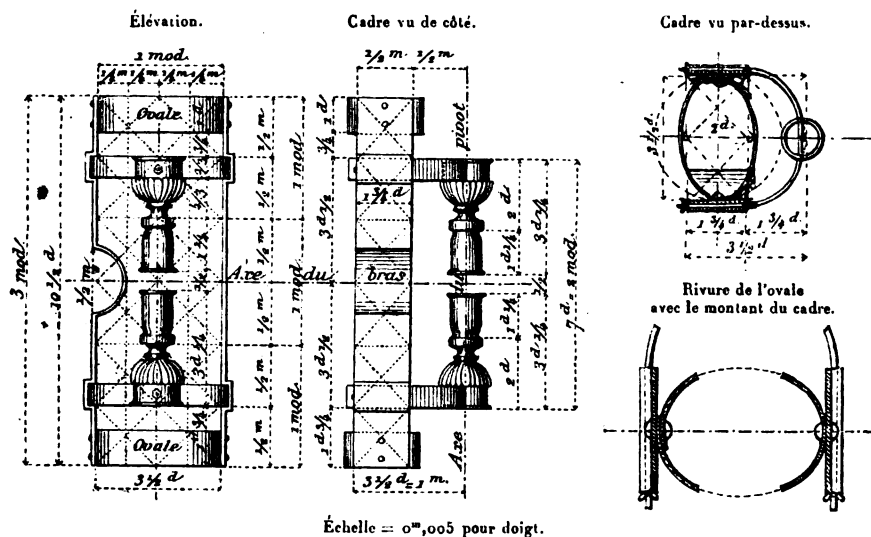
Je partage (fig. 32) la hauteur totale du cadre en 6 demi-modules, et l'intervalle entre les montants en 4 quarts de module. Dans la division en hauteur, chaque rectangle ou compartiment mesure $\frac{1}{4}$ de base sur 1 de hauteur. De même, la division en large donne des quarts de module, qui, avec les demi-modules de la hauteur, produisent des rectangles semblables aux précédents. Après le carré, la forme de ces rectangles est la plus simple. Nous en avons déduit, dans les Βελοποιϊκά³⁷⁷, l'angle biais de l'écusson palintone. Les rampants d'un fronton antique sont les diagonales de deux rectangles adjacents, de 2 de base pour 1 de hauteur. L'angle que fait chacun d'eux avec l'horizontale est précisément de $26^{\circ} 34'$, biais du παλίντονον. C'est l'ANGLE BIAIS préféré par les constructeurs antiques.

328. Cela posé, voici la distribution rationnelle, en hauteur, des diverses pièces des καμβέσρια (fig. 32 et 33).

a. Le plan externe des étriers se trouve à 1 module du milieu de

la hauteur du *cadre*. De l'*ovale* à l'étrier voisin, l'intervalle est en effet de $\frac{3}{4}$ doigt, et le *ruban* de l'*ovale* a 1 doigt de largeur.

Fig. 32. Cadre-ressort gradué en modules.



Échelle = 0,005 pour doigt.

b. La position des *brides* résulte de celle des *étriers*. La longueur de la *fente* est de $\frac{2}{3}$ doigt³⁷⁸, et sa largeur est égale à l'épaisseur des rubans, c'est-à-dire à $\frac{1}{12}$ doigt. Les brides mesurent donc en hauteur totale $\frac{2}{3} + \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$ doigt.

c. La gorge du *montant* d'arrière mesure $\frac{1}{4}$ module d'ouverture, soit $\frac{1}{4}$ module de profondeur par rapport à la *face externe* du montant. L'épure balistique de l'engin confirmera plus loin cette quantité.

d. Quant aux *chapes* et *crapaudines*, il faut d'abord en expliquer le détail.

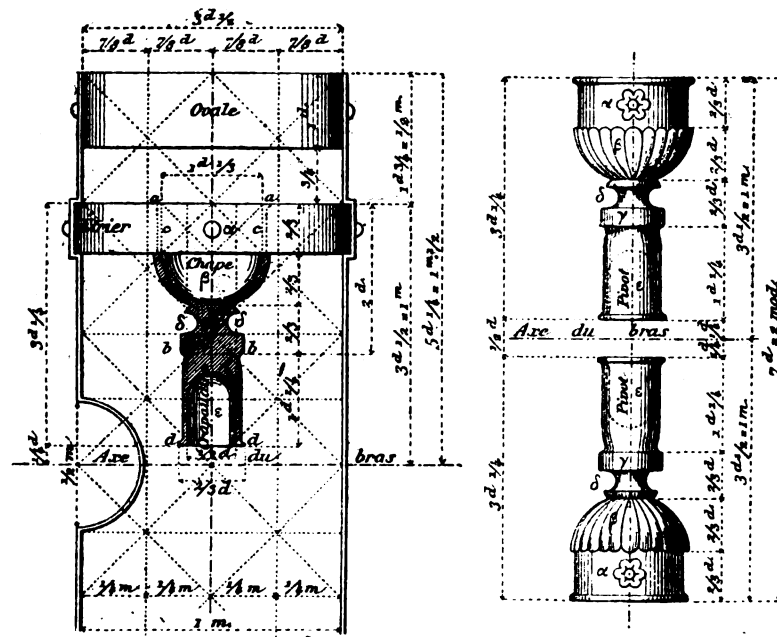
329. Les *chapes* sont des pièces *aabb* (fig. 33) moulées en bronze creux et mince, *κύλινδροι χαλκοῦ κοῦφοι*, d'épaisseur « égale à celle » des rubans³⁷⁹. Elles ont 2 doigts de long; et leur *diamètre*, du côté *évidé*, *διάμετρος τοῦ εὐρους*, est de $1 \frac{1}{2}$ doigt. Dans Héron d'Alexandrie, *εὖρος* exprime toujours une largeur *vide*, et *πλάτος* une largeur *pleine*. Nous en avons cité plusieurs exemples.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

La paroi de la chape évidée est *fendue* diamétralement en *c, c*, pour recevoir de profil, κατὰ κρόταφον³⁸⁰, les étriers de $\frac{2}{3}$ doigt de largeur, πλάτος δακτύλου δίμοιρον, appelés déjà par le εὔρος δακτύλου δίμοιρον des brides³⁸¹. On a vu plus haut l'assemblage en plan (fig. 31) assigné à ces pièces.

Il est naturel de diviser la chape, représentée en coupe et en élévation par la figure 33 ci-dessous, en trois parties, savoir :

Fig. 33. Détails des chapes et crapaudines.



Echelle = 0^m,01 pour doigt ($\frac{1}{3}$ environ.)

α. Tête de chape, au droit de l'étrier, hauteur = $\frac{2}{3}$ doigt.

β. Base sphérique, de $\frac{2}{3}$ doigt de diamètre, τὴν δὲ διάμετρον τοῦ εὔρους δακτύλου Ἀ καὶ γ' ³⁸²; hauteur = $\frac{2}{3}$ doigt ³⁸³.

γ. Gorge inférieure = $\frac{2}{3}$ doigt.

Ensemble *ab* = 2 doigts.

330. La figure ci-dessus indique seulement la forme géométrique de la chape. Le bronze dont elle était fabriquée portait sans doute

quelque ornement en relief, tel que des *fleurons*, témoin les figures de plusieurs manuscrits³⁸⁴. Ces ornements s'obtenaient économiquement par le moulage. Nous en avons cité un exemple dans le *κισσόφυλλον* (*feuille de lierre*) du *χαλκότονον* de Philon (p. 101, fig. 15).

La *crapaudine* *bbdd* fait corps avec la chape; elle en est l'appendice. Elle est située du côté de la surface convexe, *κρίκους συμφυεῖς*. . . *περικειμένους τῇ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν κυλίνδρων*³⁸⁵. Elle mesure $\frac{3}{4}$ doigt de largeur et $1\frac{1}{4}$ doigt de saillie, à partir des points *b', d', j', h'*. (Cf. fig. 24, p. 132.)

Dans les manuscrits, les lettres *B Δ Σ H*, sont adjacentes aux côtés amincis des chapes, c'est-à-dire aux *collets* δ reliant les *chapes* avec les *crapaudines*. Il est évident que $bd = 1\frac{1}{4}$ doigt de saillie doit être compté à partir du bas de ces *collets*; et la longueur totale de la pièce *ad* est ainsi

$$ad = ab + bd = \left(2^d + 1\frac{1}{4}^d\right) = 3\frac{1}{4} \text{ doigts }^{386}.$$

Quelques manuscrits donnent $\overline{A\zeta'\delta''} = 1\frac{3}{4}^d$ au lieu de $\overline{A\delta} = 1\frac{1}{4}^d$ pour la longueur de la *crapaudine*. L'épure ci-dessus (fig. 33) montre que la vraie dimension est $1\frac{1}{4}$, bien que tous les manuscrits qui donnent $A\zeta'\delta''$ proviennent de la recension byzantine³⁸⁷. En effet, aux $3\frac{1}{4}$ doigts ci-dessus, ajoutant $\frac{1}{4}$ doigt pour le rayon (*diam.* = $\frac{1}{2}$ doigt, *CHIROB. V, α*) de l'extrémité du *pommeau conoïde* portant les *tourillons*, on trouve $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 *module*, distance du dessus de la chape à l'axe du battant. Le dessus *aa* de la chape arase donc le plan externe de l'étrier.

La *crapaudine* doit son nom à l'évidement ε (*κρίκος*), dont la largeur est de $\frac{1}{4}$ doigt. Le mot *πλάτος* ici employé est le diamètre externe = $\frac{3}{4}$ doigt de la *crapaudine*. L'évidement de $\frac{1}{4}$ doigt de diamètre correspond à l'épaisseur *ez* des *tourillons* (fig. 28, p. 148) des battants.

Les figures 32 et 33 montrent l'harmonie de la forme et de l'installation de la *chape* et de sa *crapaudine* dans le cadre-ressort. Le réseau des diagonales tracées dans ce cadre a servi, on le voit, à déterminer les points principaux du contour de cette pièce, dont le type, choisi *a priori* parmi ceux des vases de jardin, n'avait plus qu'à s'inscrire dans le cadre d'ensemble. La figure 24 (p. 132) donne cette

forme aux *chapes* et *crapaudines*; mais la figure 33 (p. 162) en est une *variante* mieux appropriée aux exigences de la démonstration.

Orientation des Καμβέσρια.

331. Dans tous les manuscrits, la figure des *καμβέσρια* représente les deux cadres *en position symétrique*, l'un par rapport à l'autre. Celle qu'en a donnée M. Wescher³⁸⁸, d'après le manuscrit de Mynas, montre en effet la *double gorge orientée vers le dehors*. Mais le texte ne fournit aucun autre indice de la position effective des cadres. (Voir plus haut, fig. 23.)

J'ai déjà fait remarquer³⁸⁹ que les extrémités de l'échelette et du toit de la machine sont disposées en *biais symétrique*, suivant des *lignes convergeant vers l'arrière de la monture*, absolument comme les *ailes* ou *écussons* du *παλίντονον*. Cela nous conduit à rechercher si le *biais* de la chirobaliste est aussi de 1 de base pour 2 de hauteur.

Dans le calcul de la distance du *centre* de l'ovale au *pivot* des bat-tants, on a vu plus haut que, d'après le texte³⁹⁰, les *pivots* sont distants l'un de l'autre de $23\frac{1}{2}$ doigts.

J'ai montré (n° 325 et 326) que, dans chaque cadre, le *centre* de l'ovale est à $2\frac{1}{2}$ doigts du *pivot* (centre de la chape);

Mais que, par suite du *biais* probable de $\frac{1}{2}$ pour 1, cette distance de $2\frac{1}{2}$ doigts correspond à $2\frac{1}{4}$ doigts mesurés sur l'axe de l'échelette;

Et qu'ainsi la distance *entre centres* des ovals *extrêmes* est (n° 326) de $(23\frac{1}{2}^d + 2 \times 2\frac{1}{4}^d) = 28$ doigts = 8 MODULES.

332. On verra plus loin que les autres dimensions principales de l'engin répondent à 2, 4, 8 et 16 MODULES. Au surplus, dans les engins *névrotones*, les *παλίντονα* mesurent 12 modules entre les axes des faisceaux, et les *εὐθύτονα* mesurent 4 modules. L'entr'axe des faisceaux, dans la chirobaliste, correspond à l'entr'axe des ovals *extrêmes*. Les 8 modules trouvés sont donc une *moyenne* entre les dimensions analogues du *palintone* et de l'*euthytone*.

On ne peut donc douter, par suite des 8 modules mesurés entre les centres P et Q des ovals *extrêmes*, que les *καμβέσρια* sont en effet

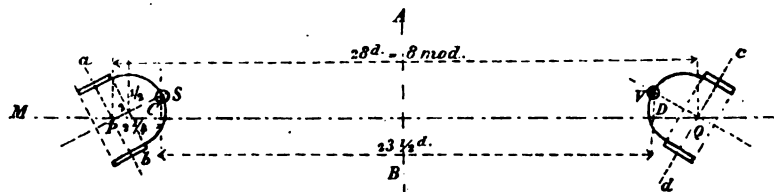
orientés, par rapport à l'entr'axe $\overline{PQ}$ des ovales, sous l'angle $\alpha = 26^\circ 34'$, correspondant au *biais de 1 de base pour $\frac{1}{2}$ de hauteur*.

333. La figure 34 représente l'ensemble de cette restitution.

Il suit de là que les pivots S et Q des battants se trouvent à $\overline{CS} = \overline{VD} = \frac{1}{2} (2 \frac{1}{4}) = 1 \frac{1}{8}$ doigt *en avant* de l'entr'axe $\overline{PQ}$ des ovales.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 34. Orientation des cadres-ressorts.



Échelle de 0^m,005 pour doigt ($\frac{1}{8}$ environ).

ÉPURE DE L'ÉCHELETTE.

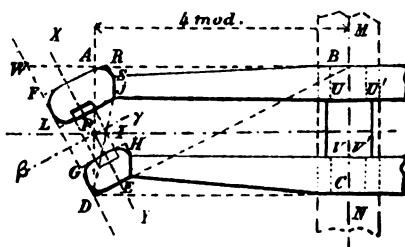
Longerons.

334. D'après l'auteur³⁰¹, les *longerons* du $\kappa\lambda\iota\mu\acute{\alpha}\kappa\iota\omicron\nu$ mesurent : l'un 26 doigts, $\omega\delta\delta\omicron\varsigma \ \acute{\epsilon}\nu\omicron\varsigma \ \kappa\alpha\iota \ \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \ \bar{I}$; l'autre 24 doigts, $\omega\delta\delta\omicron\varsigma \ \acute{\epsilon}\nu\omicron\varsigma \ \kappa\alpha\iota \ \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \ \bar{H}$.

Dans tous les manuscrits où les lettres des figures sont complètes, les longueurs ci-dessus sont prises *entre les sabots*. En outre, celle de 26 doigts s'applique au *longeron d'avant* et celle de 24 doigts au *longeron d'arrière*.

On a donc (fig. 35) : $\overline{SU} = 13$ doigts et $\overline{HC} = 12$ doigts.

Fig. 35. Épure de l'échelette et des sabots.



Échelle de 0^m,0025 pour doigt ($\frac{1}{8}$ environ).

Sous la monture $\overline{MN}$, l'intervalle $\overline{UV}$ entre les longerons est de 3 doigts. En effet Héron leur donne *en cet endroit une largeur de 2 doigts*, $\pi\rho\acute{o}s\ \tau\omicron\iota\varsigma\ \Upsilon\Upsilon\ \mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\sigma\iota\ \pi\acute{\lambda}\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma\ \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omicron\upsilon\varsigma\ \bar{B}$ ³⁹². On a donc $\overline{BU} = \overline{VC} = 2$ doigts. Et, comme la *largeur de l'échelette* correspond au *tasseau* $\overline{BC} = 7$ doigts = 2 *modules*, découpé sous la monture, les deux longerons se trouvent à 3 doigts l'un de l'autre.

Aux extrémités, la largeur des longerons est réduite à $1\frac{1}{4}$ *doigt*, $\delta\alpha\kappa\tau\upsilon\lambda\omicron\nu\ \acute{\epsilon}\nu\alpha\ \tau\acute{\epsilon}\tau\alpha\rho\tau\omicron\nu$ ³⁹³. Ainsi $\overline{SJ} = \overline{HE} = 1\frac{1}{4}$ *doigt*.

Quant à leur *écartement*, il est maintenu à 3 doigts, soit $\overline{JH} = \overline{UV}$; mais les bords internes $\overline{JU}$ et $\overline{HV}$ des longerons ne sont pas parallèles à l'axe de l'échelette. Ils fléchissent vers l'avant, chacun de $\frac{1}{4}$ *doigt*. Le fait sera mis en évidence ci-après, par la justification mathématique de l'épure des sabots.

335. L'épaisseur des longerons n'est pas donnée. On verra plus loin qu'elle doit être de 1 *doigt*. Cette dimension procure, d'ailleurs au longeron la section de 2 *de base pour 1 de hauteur*, proportion antique répandue à profusion dans toutes les pièces de la chirobaliste.

Entretoise.

336. Au centre de l'échelette, sous la monture, se trouve une *entretoise* $UVU'V'$, de $2\frac{1}{4}$ doigts de largeur, sur 3 doigts de longueur en œuvre, $\mu\eta\kappa\omicron\varsigma\ \chi\omega\rho\iota\varsigma\ \tau\acute{\omega}\nu\ \tau\acute{o}\rho\mu\omega\nu\ \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omicron\upsilon\varsigma\ \bar{\Gamma}$ ³⁹⁴. Ces 3 doigts confirment l'écartement des longerons, que l'entretoise sert à contreventer. Ils prouvent encore que l'échelette mesure 7 doigts de *largeur totale en son milieu*, et qu'ainsi elle s'adapte exactement sous le tasseau de 7 doigts de la monture.

L'entretoise s'assemble à *tenon et mortaise*. Les tenons mesurent $\frac{1}{2}$ *doigt* d'épaisseur, sur 2 doigts de longueur et largeur : ils traversent les longerons de part en part.

Sabots.

337. Les *sabots* ($\tau\acute{o}\rho\mu\omicron\iota$) sont découpés dans le même morceau de bois que le longeron correspondant³⁹⁵. Tels sont (fig. 35) les abouts

$\overline{AL}$ et $\overline{HD}$ de l'échelette. Tout le travail se fait à la scie, avec une extrême simplicité. L'obliquité des ailes de la machine exige que les sabots fassent corps avec les longerons. Le bois était abondant chez les anciens.

La section des sabots est un carré de 2 *doigts de côté*, $\pi\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \delta\acute{\upsilon}\omicron$ ³⁹⁶. Dans Héron d'Alexandrie, une dimension *unique*, exprimée par $\pi\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma$, $\pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma$ ou $\epsilon\ddot{\upsilon}\rho\omicron\varsigma$, indique toujours le *diamètre* d'un *cercle* ou le *côté* d'un *carré*. On en a vu un exemple (n° 329), avec $\epsilon\ddot{\upsilon}\rho\omicron\varsigma$, dans la description des *chapes des pivots*. On en trouvera d'autres plus loin.

338. L'auteur ne dit rien de la *longueur* des sabots³⁹⁷. La figure 35 (p. 165) montre qu'il eût été difficile de l'indiquer clairement. Trois lignes plus haut, l'auteur renvoie d'ailleurs au dessin. Ici probablement, comme pour les $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$, le $\kappa\alpha\mu\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$, les $\kappa\omega\nu\nu\omicron\epsilon\iota\delta\eta$ et les pièces du *déclat* ($\kappa\lambda\acute{\epsilon}\iota\varsigma\iota\varsigma$), la figure suppléait le texte.

339. Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, l'échelette s'applique transversalement *sous le tasseau* découpé dans la monture, à 28 doigts ou 8 *modules* du fond de la *crosse*.

Traçons donc le rectangle $\overline{ABCD}$ (fig. 36), de 2 *modules* de largeur au droit du tasseau. Dans ce rectangle sera inscrite la moitié de l'échelette.

De plus, prenons la base $\overline{AB}$ double de la hauteur $\overline{BC}$, conformément au principe antique déjà signalé. On aura $\overline{AB} = 4$ *modules*; et $\overline{AD}$ coupera l'axe $\overline{MN}$ de l'échelette en P, centre des ovales des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$, ainsi qu'on l'a vu précédemment. On aura de même $\overline{DC} = 4$ *modules* (fig. 36).

Or, la queue E de la coulisse étant à 8 *modules* de C, on a (fig. 36) $\overline{DC} = \frac{1}{2} \overline{CE}$. Donc, en menant $\overline{EDW}$, on détermine le *biais* extrême, de 1 *de base pour 2 de hauteur*, que l'analogie avec le $\pi\alpha\lambda\acute{\iota}\nu\tau\omicron\nu\omicron\nu$ assigne à l'échelette.

On voit de suite que D appartient à la circonférence décrite sur $\overline{EB}$ comme diamètre (fig. 36). Démontrons que la ligne *biaise* $\overline{EDW}$ limite l'extrémité même des sabots.

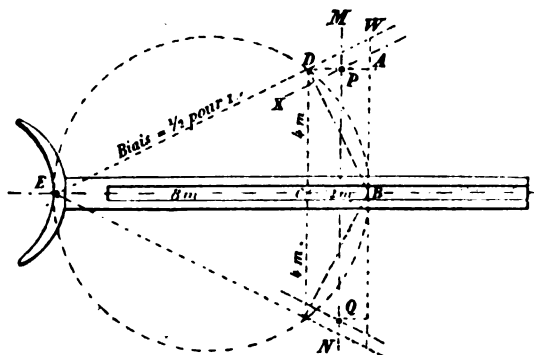
Je mène d'abord (fig. 35) la diagonale $\overline{DB}$. L'angle $\overline{BDW}$ est droit.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les sabots, POINTS D'APPUI de la flexion des ressorts, doivent en effet être D'ÉQUERRE sur $\overline{DE}$, c'est-à-dire parallèles à $\overline{BD}$.

Fig. 36. Convergence du biais DW vers la queue E de la coulisse.



Échelle de 0^m,00125 pour doigt = ($\frac{1}{16}$ environ).

Évidemment le point D appartient au sabot d'arrière (fig. 35), dont le demi-longeron mesure 12 doigts. Soit donc $\overline{HE}$ parallèle à $\overline{AD}$, à l'intervalle $\overline{DE} = 2$ doigts. Comme $\overline{DC} = 1\frac{1}{4}$ doigts, on a $\overline{HV} = 12$ doigts. Je prends $\overline{EH} = 1\frac{1}{4}$ doigt. Je joins $\overline{HV}$ et $\overline{EC}$, et j'obtiens ainsi les arêtes du longeron d'arrière. De même, $\overline{DE}$ et $\overline{EH}$ sont des arêtes du sabot postérieur de l'échelette.

Cela posé, je prends $\overline{DG} = 2$ doigts, largeur donnée du sabot. Je mène $\overline{GI}$ parallèle à $\overline{DE}$ et $\overline{HI}$ parallèle à $\overline{DW}$. J'achève ainsi le contour $\overline{DEHIG}$ du sabot d'arrière, de $2\frac{3}{4}$ doigts de longueur maxima, et minima de $2\frac{1}{4}$ doigts, comme il résulte du tracé grandeur d'exécution.

D'une façon analogue, je construis le sabot d'avant. Je mène $\overline{JU}$ parallèle à $\overline{HV}$, et je prends $\overline{SJ}$ parallèle à $\overline{AD}$, à 1 doigt de distance. J'ai alors $\overline{JU} = 13$ doigts, demi-longueur du longeron. Je prends $\overline{SJ} = 1\frac{1}{4}$ doigt, et je joins $\overline{SB}$. La figure $\overline{SJUB}$ est celle du longeron d'avant.

Maintenant, je prends $\overline{JL}$ parallèle à $\overline{GI}$. Je mesure $\overline{LF} = 2$ doigts, puis je mène $\overline{FR}$ parallèle à $\overline{JL}$, et enfin $\overline{SR}$ parallèle à $\overline{LF}$. Le contour $\overline{LJSRF}$ est celui du sabot d'avant.

Sa longueur maxima est de $3\frac{3}{4}$ doigts, et sa longueur minima de

$3\frac{1}{4}$ doigts, d'après l'épure grandeur d'exécution (fig. 37, p. 170). Ces dimensions se vérifient également par le calcul.

Particularités de l'épure des sabots.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

340. Du tracé qui précède, il résulte (fig. 35) :

a. Que l'angle antérieur R du sabot d'avant sort du rectangle $\overline{ABCD}$. Il devait donc être arrondi, pour se limiter à $\overline{AB}$. De même, les autres arêtes verticales des sabots doivent être arrondies.

b. Que l'intervalle $\overline{LG}$ entre les sabots est de $2\frac{1}{4}$ doigts. La largeur extrême $\overline{FD}$, suivant le biais, mesurée de dehors en dehors, est ainsi $2^d + 2^d\frac{1}{4} + 2^d = 6\frac{1}{4}$ doigts.

c. Que si l'on mène, à mi-distance entre les sabots, une parallèle $\overline{\beta\gamma}$ à leur direction, cette parallèle passera au centre P même de l'ovale adjacent³⁰⁸. Ce résultat remarquable implique la justesse mathématique de la restitution ci-dessus des sabots.

d. Que dès lors le plan médian des $\kappa\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma\tau\rho\iota\alpha$ aura pour axe $\overline{XY}$, orienté sous le biais antique et passant par le centre P du ressort.

Installation des $\kappa\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma\tau\rho\iota\alpha$.

341. L'orientation des cadres à ressorts résulte naturellement de ce qui précède.

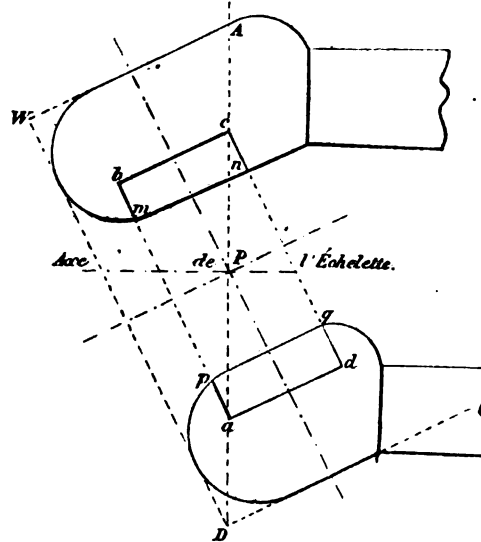
L'arête externe du montant à gorge de ce cadre, limite de la cage, tombe en a (fig. 37) sur l'axe $\overline{AD}$, comme on peut le vérifier par le calcul. La face postérieure du $\kappa\alpha\mu\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$ ou portique mesure donc, entre les arêtes extérieures des cadres, une longueur de 28 doigts = 8 modules.

Sur l'axe $\overline{AD}$ tombe également en c l'arête interne du montant antérieur du cadre. Son arête externe b est à environ $\frac{1}{4}$ module de l'axe $\overline{AD}$. La face antérieure du portique mesure donc, entre les arêtes externes des cadres, une longueur d'environ $31\frac{1}{4}$ doigts = 9 modules³⁰⁹ (fig. 37).

342. Les anciens n'attribuaient qu'une importance secondaire à la longueur d'avant de la cage. Philon ne donne que la petite base (arrière)

du trapèze *palintone*, rappelé ici par l'échelette⁴⁰⁰. Vitruve de même,

Fig. 37. Épure des sabots.



Échelle de 0^m.010 pour doigt = ($\frac{1}{2}$ environ).

ajoutant vaguement que la *base extérieure de ce trapèze résulte de la combinaison du biais avec la courbure latérale des écussons*⁴⁰¹. En un mot, les Grecs ne cherchaient guère l'harmonie des proportions que dans les parties de leurs machines exposées aux regards de leurs propres servants. A distance, l'ennemi n'en pouvait saisir le détail. Aussi bien ses critiques eussent médiocrement ému le personnel de la batterie.

Élévation des sabots.

343. Les *sabots* dépassent de 1 doigt en hauteur (fig. 39, p. 173) le dessus des longerons, dont le dessous s'arase en un même plan avec les sabots. L'épure ci-dessus (fig. 37) indique des entailles prismatiques *adqp*, *mnbc*, recevant le pied du *καμβέσιον*. On verra plus loin (n° 354) que ces entailles mesurent : profondeur = $\frac{1}{4}$ doigt, longueur = $1 \frac{3}{4}$ doigt et largeur = $\frac{2}{3}$ doigt.

Conséquences du biais des sabots.

344. En résumé, dans la chirobaliste, non-seulement l'organe balistique se trouve orienté sous le même biais que dans l'engin *παλίντονον*, mais les arêtes des ailes latérales convergent, sous le même biais, à la queue même de la monture. Il en était sans doute de même dans le *παλίντονον*, les arêtes externes des écussons allant concourir sur la queue de la coulisse. Le treuil restait d'ailleurs en arrière de ce point, comme la crosse dans la chirobaliste. Cette analogie permet de restituer exactement la position de la cage *névrotone*, par rapport à la coulisse, position que n'indique aucun texte, et sur laquelle je reviendrai à propos du *palintone*.

Arcs-boutants de l'échelette.

345. « Enfin, dit Héron⁴⁰², à droite et à gauche de l'entretoise, il faut clouer sur les longerons des côtes arquées (*τὰς*) ayant 13 doigts de long, 1 doigt de large et une épaisseur proportionnée (*σύμμετρον*). L'entrecôte doit être évidé (*τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον*) sur une longueur de $2\frac{1}{2}$ doigts. »

La quantité 13 doigts⁴⁰³ est une correction que j'ai faite au texte, qui donne 3 doigts. Elle est parfaitement justifiée par l'épure (fig. 38), et aussi par la méthode paléographique⁴⁰⁴. Elle correspond à la partie visible des *arcs-boutants*, mesurée entre *ac* et *bc*.

Leur largeur étant de 1 doigt, le *πάχος σύμμετρον* correspond à $\frac{1}{2}$ doigt, en vertu du rectangle antique, déjà retrouvé dans la section transversale des longerons.

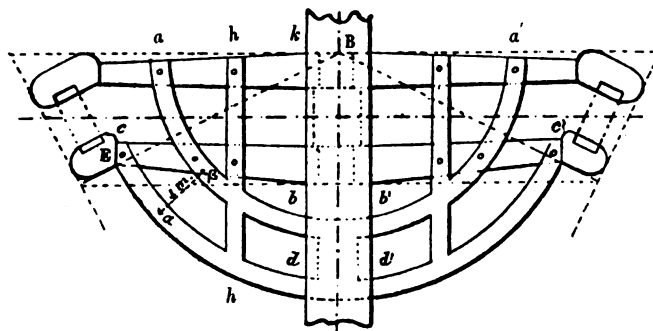
346. Dans ma première édition, j'expliquais *τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον* en admettant que les *arcs-boutants* se joignaient deux à deux sous la monture, par un assemblage à onglet⁴⁰⁵. Mais ce que j'ai dit plus haut de la simplicité du travail de découpage des sabots, dans le même bois que les longerons, s'applique également ici aux *arcs-boutants* de l'échelette. Ils se traçaient, avec leurs *entretoises*, sur une planchette unique, et se découpaient ensuite à la scie. Tel est, selon moi, le

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

sens définitif de *τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον*, indiquant avec intention la main-d'œuvre de l'évidement compris entre les arcs-boutants. Nos ébénistes diraient : *Les côtes sont de bois mince* ΔΙΟΥΡΕ.

347. Dans tous les manuscrits, les côtes sont dessinées avec une netteté parfaite. Leur ajustage sur l'échelette et sous la monture ne peut soulever aucun doute. Leur courbure rappelle le tracé de l'arête postérieure (τὸ κάτω μέρος) de la *tablette du bâti euthytone*⁴⁰⁶, centrée en B sur l'arête rectiligne antérieure. Ici encore l'inventeur respecte la tradition antique, tout en s'efforçant d'alléger le système. Les *arcs-boutants*, avec leurs *traverses*, forment une sorte de *gril*, fixé sur l'échelette au moyen de *clous* à tête sphérique, et *reliant la cage avec la monture*⁴⁰⁷. La figure 38 ci-dessous en reproduit le détail⁴⁰⁸.

Fig. 38. Épure générale de l'échelette.



Échelle de 0^m.0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

On a vu plus haut (n° 138), quel rôle élégant jouaient ces arcs-boutants, au point de vue de l'aspect général de l'arme.

348. Il est naturel de raccorder l'arc extérieur *cd* perpendiculairement à la direction $\overline{BE}$ du sabot d'arrière. Dès lors son centre se trouve en B, sur le longeron d'avant; car, d'après la figure 35, la ligne $\overline{DE}$ prolongée tombe en B. Le rayon de la côte externe est donc $\overline{EB} = 1\frac{3}{4}$ doigts environ.

La côte interne est concentrique à la précédente. L'intervalle entre les deux est de $2\frac{1}{4}$ doigts. Il en résulte que le rayon de l'arc arrière de la côte interne est de 10 doigts.

L'arc moyen de la grande côte a 13 *doigts* de rayon; celui de la petite côte 9 $\frac{1}{2}$ *doigts*. La différence des rayons moyens, entr'axe des arcs-boutants, est donc $\overline{\alpha\beta} = 3 \frac{1}{2}$ *doigts* = 1 *module*.

La traverse hh qui réunit les deux côtes est à mi-distance $ah = kh$ de l'extrémité intérieure de la petite côte au bord de la coulisse. Son axe est à 5 doigts de celui de la machine.

On verra plus loin, dans la synthèse de la batterie, la relation de position qui existe entre les *côtes*, la *gâchette*, le *serpenteau* et la *bascule*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

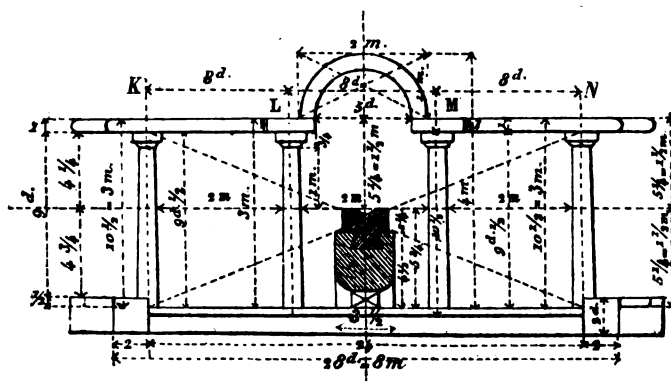
VOÛTE ET PORTIOUE.

Épure de l'arcade.

349. La *voûte* et le *portique* sont très-nettement représentés en élévation dans tous les manuscrits. La *voûte*, de 5 doigts d'ouverture, est au centre du *portique* (fig. 39). Elle est en plein cintre, et son centre est dans le plan supérieur du toit. L'*ouverture* de la *voûte* permet l'*introduction de la main* dans la cage, soit *pour poser la flèche* ou *pour armer la batterie* : 5 doigts mesurent, en effet, la largeur de la main.

Le texte grec ne dit rien de l'épaisseur de la voûte ni de celle du toit. Il est aisé de la déterminer.

Fig. 39. Élévation du portique.



Échelle = 0^m.0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

350. En juste proportion, la voûte doit mesurer, à l'extrados, une

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

largeur double de sa montée, de manière à se trouver inscriptible dans le rectangle antique. En lui donnant 1 doigt d'épaisseur, on trouve :

Largeur de l'extrados = $5^d + 2 \times 1^d = 7$ doigts = 2 modules.

Montée de l'extrados = $2^{\frac{d}{2}} + 1^d = 3^{\frac{1}{2}}$ doigts = 1 module.

351. Comparée à la *longueur totale* du portique, entre les arêtes externes postérieures des ressorts, la *largeur* de l'extrados en est le *quart*. De même, sa *hauteur* en contre-haut du toit est le *quart* de la *hauteur totale* du portique, voûte comprise, en contre-haut du dessus du gril.

En effet, Héron donne au toit et aux fourchettes extrêmes une épaisseur uniforme. C'est ainsi qu'il faut interpréter le passage *πάχος δὲ ἐχέτω ἴσον τῶν προειρημένων κανονίων* du § IV du texte⁴⁰⁹. Le toit aura donc 1 doigt d'épaisseur.

Ici encore, le procédé de confection le plus économique, pour la voûte et ses appendices, revient à les découper dans un même madrier, de $4^{\frac{1}{2}}$ doigts d'épaisseur.

352. Les colonnettes du portique ont 10 doigts de hauteur, sans compter les tenons, *μῆκος χωρὶς τῶν τόρμων δακτύλους Ἰ*⁴¹⁰. Tous les manuscrits donnent *δακτύλους Γ* = (3 doigts). On va comprendre que la correction de *Γ* en *Ἰ*, si naturelle au point de vue paléographique, est imposée par l'épure même.

353. En l'admettant, par hypothèse, on voit que le dessus du toit sera à $(10 + 1) = 11$ doigts en contre-haut de l'échelette, soit à $10^{\frac{1}{2}}$ doigts = 3 modules en contre-haut du gril, dont l'épaisseur est de $\frac{1}{2}$ doigt. C'est ce qu'indique la figure 39 ci-dessus, où l'épaisseur de l'échelette et du gril réunis forme le *soubassement* du portique, et ne compte point par conséquent dans les proportions harmoniques de son élévation.

Le portique mesure donc en hauteur 3 modules jusqu'au-dessus du toit, et 4 modules jusqu'au sommet d'extrados de la voûte⁴¹¹. Sa largeur étant d'ailleurs de 2 modules (celle de l'échelette), le portique

mesure les dimensions suivantes : largeur = 2 modules, hauteur = 4 modules, longueur = 8 modules.

On verra bientôt que la longueur totale de l'engin est de 16 modules⁴¹²; de sorte que son *canevas général* est réglé sur les proportions harmoniques de 2, 4, 8, 16 MODULES.

354. La correction « *δακτύλους Ι* » est donc justifiée par l'harmonie graphique qui en est la conséquence. Au surplus, les $10\frac{1}{2}$ doigts d'intervalle entre le *gril* et le *dessus du toit* sont la hauteur même des *καμβέσρια*⁴¹³. Ce rapprochement indique que le *sommet des cadres arase le plan supérieur du toit*, et que le *fond des entailles* qui en logent le pied dans le bois des sabots se trouve dans le plan supérieur du *gril*. Les entailles *mncb*, *adqp* (fig. 37) ont donc $\frac{1}{2}$ doigt de profondeur. On a d'ailleurs $bm = ap = \frac{1}{2} (3\frac{3}{4} - 2\frac{1}{4}) = \frac{3}{4}$ doigt et $mn = pq = 1\frac{1}{4}$ doigt.

355. Voici une nouvelle et décisive preuve de ce qui précède :

Les *καμβέσρια* mesurant $10\frac{1}{2}$ doigts de hauteur, le *plan du battement balistique* doit se trouver à $5\frac{1}{4}$ doigts en contre-haut du *gril*; soit à $(5\frac{1}{4} + \frac{1}{4}) = 5\frac{3}{4}$ doigts en contre-haut de l'échelette.

Or la coulisse mesure, en hauteur de section

transversale, tasseau compris. $4\frac{1}{2}$ doigts.

Hauteur du tiroir en contre-haut (d'après le

texte⁴¹⁴) $1\frac{1}{4}$

ENSEMBLE $5\frac{3}{4}$ doigts.

Le *plan de battement des bras arase donc le dessus du tiroir*, ce qui est rigoureusement logique. La position assignée plus haut aux *καμβέσρια* est donc mathématiquement certaine.

Enfin, le *dessus du tiroir* se trouve à $1\frac{1}{2}$ module en contre-bas du plan supérieur du toit ou du centre de la voûte. En effet, du tiroir au toit, la hauteur est $(10 - 5\frac{3}{4}) = 4\frac{1}{4}$ doigts. Ajoutant 1 doigt pour l'épaisseur du toit, on obtient $5\frac{1}{4}$ doigts = $1\frac{1}{2}$ module.

Il y a également $1\frac{1}{2}$ module du dessus du *gril* au dessus du tiroir.

ΣΑ
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

BA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Colonnnettes.

356. La position des *colonnnettes* est très-nettement indiquée par les figures des manuscrits. Celles *de flanc* sont montées sur le *longeron d'avant*, et celles *du milieu* reposent sur le *longeron d'arrière* de l'échelette.

J'ai démontré ⁴¹⁵ que l'expression *εἰς τρία ἴσα* doit s'entendre de l'équidistance des colonnettes, vues en élévation, comme les représente plus haut la figure 39. Elles divisent le portique en trois compartiments égaux $\overline{KL} = \overline{LM} = \overline{MN}$. Mais quelle doit être la largeur de ces compartiments? Quel est le diamètre des colonnettes? L'auteur n'en dit absolument rien.

Il est naturel de chercher à placer l'arête interne des colonnettes centrales à l'aplomb de retombée de l'extrados. En donnant au chapiteau une hauteur de $\frac{3}{4}$ doigt et une largeur de 2 doigts, on obtient une arcade d'une grande légèreté. La naissance du chapiteau se trouve alors à $3\frac{1}{4}$ doigts = 1 module en contre-haut du tiroir. D'un autre côté, l'intervalle des colonnettes centrales est de 7 doigts ou 2 modules. Identique doit être l'intervalle entre ces colonnettes et les deux autres.

357. Quant au diamètre des colonnettes, il est de 1 doigt. Le texte dit *δακτύλους* $\overline{BC}$ dans les manuscrits principaux. Il est probable que la rédaction originale donnait *δάκτυλον ἕνα*. Un diamètre de $2\frac{1}{4}$ doigts est complètement inadmissible, et l'altération supposée n'a rien que de très-vraisemblable ⁴¹⁶.

Ici encore la grosseur des colonnettes est donnée par une seule dimension, *πλάτος* ⁴¹⁷. On en pourrait conclure qu'elles sont carrées. Mais l'auteur indiquant qu'elles s'adaptent à l'échelette par des trous ronds, *τρήμασι στρογγύλοις* ⁴¹⁸, il est certain que les colonnettes étaient cylindriques, c'est-à-dire tournées, le tailloir seul du chapiteau demeurant carré.

Il est de bon goût de leur donner une forme légèrement conique. On peut porter la base à $1\frac{1}{5}$ doigt de diamètre. Quant aux *tourillons*

d'assemblage avec l'échelette et avec le toit, leur diamètre peut être fixé à $\frac{2}{3}$ doigt sur 1 doigt de longueur.

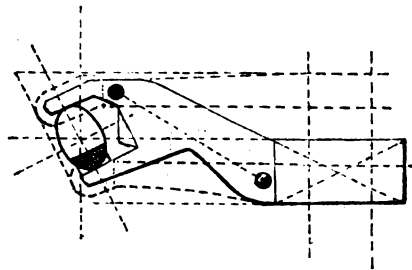
L'intervalle entre les colonnettes extrêmes sera ainsi de (6 modules + 2 doigts) = 23 doigts.

Les axes extrêmes sont à 24 doigts l'un de l'autre, et l'entr'axe de deux colonnettes adjacentes, en élévation, est de 8 doigts.

MAINS SYMBOLIQUES.

358. Tous les manuscrits indiquent, à chaque extrémité du toit, une sorte d'échancrure, formée par une fourchette à branches inégales, ayant évidemment pour fonction de MAINTENIR le sommet des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$, à l'instar de l'entaille des sabots de l'échelette. Ces branches doivent donc s'orienter parallèlement aux sabots (fig. 40).

Fig. 40. Croquis d'induction déterminant l'existence des mains symboliques.



Échelle = 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{3}$ environ).

Leur écartement, $\acute{\omega}\varsigma \delta\alpha\kappa\acute{\upsilon}\tau\lambda\omega\nu \overline{\Gamma\Gamma}$, dit le texte, est de $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module. J'ai démontré précédemment ⁴¹⁹, que le mot $\acute{\omega}\varsigma$ est une expression superflue, et que Héron l'emploie souvent, même devant des dimensions certaines. Ici pourtant il semble avoir commis une légère erreur, attendu que le cadre à ressort mesure, de dehors en dehors : $(3\frac{1}{3} + \frac{1}{3}) = 3\frac{2}{3}$ doigts. Je ne crois pas pourtant que le mot $\acute{\omega}\varsigma$ ait eu pour objet d'indiquer ici une approximation. C'est par compression que le cadre-ressort, de $3\frac{2}{3}$ doigts de largeur externe, se loge dans l'intervalle de $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module, fourni par l'échancrure du toit. La tension initiale, ainsi donnée aux ressorts, les maintient serrés

dans l'échancrure du toit; elle est d'ailleurs très-favorable à l'effet balistique⁴²⁰.

359. Héron n'assigne aux branches du toit qu'une seule dimension transversale, *πάχος* *ἴσον τῶν προειρημένων κανονίων*⁴²¹. Elles sont donc *carrées* ou *rondes*, de 1 *doigt* d'épaisseur ou de *diamètre*, comme les autres pièces (du toit) décrites précédemment.

L'auteur observe qu'il y a $23 \frac{1}{2}$ *doigts* entre les fonds des échancrures⁴²². C'est à partir des plans transversaux correspondants qu'il compte « 4 *doigts* de saillie aux branches d'avant et 2 *doigts* de saillie « à celles d'arrière⁴²³. » Elles se mesurent parallèlement à l'axe de l'échelette et à *partir des pivots*, dont l'*entr'axe* est (fig. 34, p. 165) de $23 \frac{1}{2}$ *doigts*.

360. Si l'on construit en plan le cadre des ressorts, ainsi que les branches qui le retiennent par le haut, on obtient (fig. 40, p. 177) une forme approximative de l'aile du toit, dont l'intention devient saisissante, lorsqu'on cherche à la raccorder avec le plan de la voûte centrale du portique. Mais il faut, pour cela, tenir compte de la distribution des colonnettes.

A l'unanimité des manuscrits, elles sont réparties sur l'échelette comme on l'a vu plus haut (fig. 26, p. 138). Il en résulte que la voûte, *soutenue seulement* par les deux *colonnettes d'arrière*, ne doit pas occuper toute la largeur de l'échelette, qu'elle couvrirait alors en *porte-à-faux*. Il est rationnel de *réduire la longueur de la voûte à la demi-largeur de l'échelette*, soit à 1 *module*.

361. D'un autre côté, il est naturel d'admettre que la *portion du toit qui relie les fourchettes extrêmes aux retombées de la voûte* suit sensiblement la ligne qui va de la colonnette d'avant à celle du portique.

En se guidant sur ces diverses conjectures, on obtient l'esquisse (fig. 40) donnée plus haut.

Si incorrect que soit ce tracé, il éveille spontanément l'idée de la MAIN HUMAINE ET DE L'AVANT-BRAS allant se raccorder avec le flanc de la voûte.

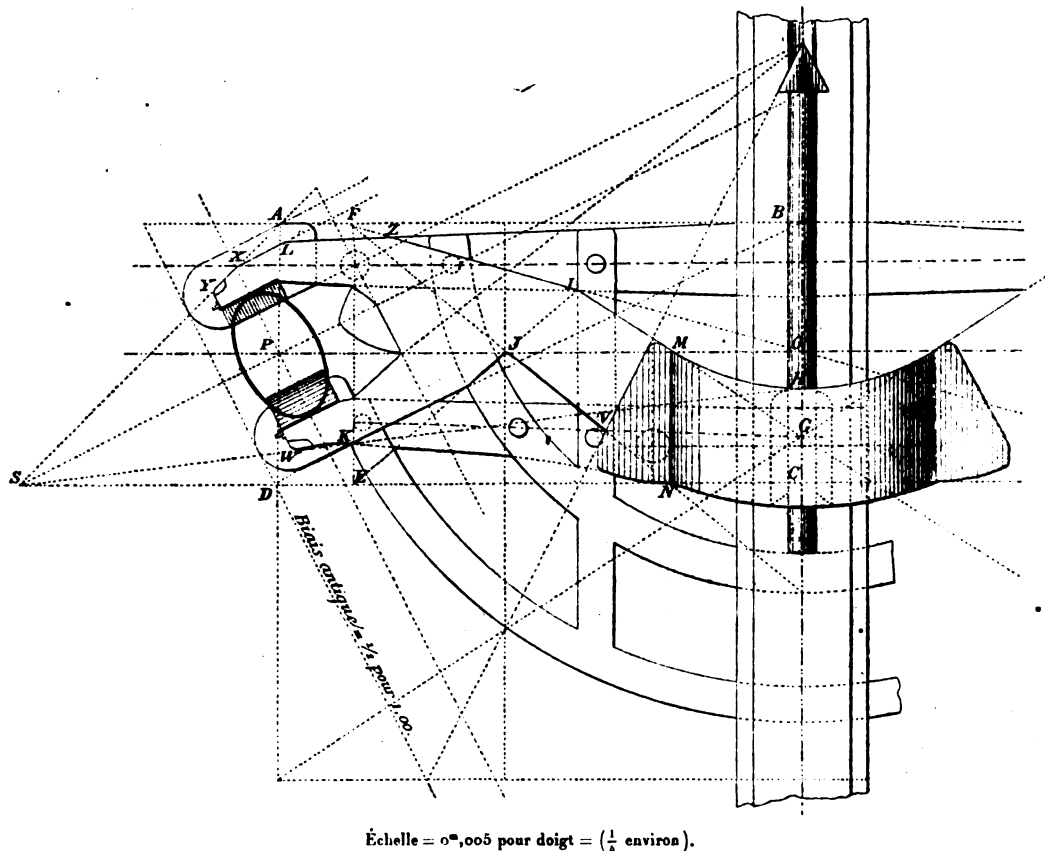
C'est ainsi que j'ai retrouvé le principe du décor symbolique justifiant le nom de BALISTE à MAINS ou *Main qui lance*, donné à la ma-

chine⁴²⁴, et dont l'idée primordiale fut peut-être simplement de rappeler que l'échancrure servait à MAINTENIR l'organe balistique de l'engin.

362. La figure 41 ci-dessous reproduit le tracé perfectionné du DÉCOR VIVANT de la χειροβαλλίστρα.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 41. Épure de la main symbolique et de ses lignes enveloppes.



Pour le justifier, je l'encadre dans la projection horizontale de l'échelette, dont les sabots enveloppent régulièrement les doigts de la main. Les colonnettes y occupent également une position très-naturellement autorisée par l'épure. Enfin les lignes principales de la main et du bras y sont orientées suivant des directions indiquées en pointillé, convergeant vers les sommets principaux de l'échelette. Je les passerai en revue ci-

après dans l'énumération des vérifications de l'épure. Il s'agit, en effet, d'un *décor vivant*, encadré dans un *tracé à lignes rigides*. L'harmonie n'en peut ressortir qu'à la condition d'y *montrer les lignes caractéristiques de chaque tracé concourant aux points les plus saillants de l'autre*. Je suis très-persuadé que telle était la méthode des anciens⁴²⁵.

Épure des mains.

363. La figure 41 ci-dessus contient tous les éléments du tracé des mains symboliques.

a. Sur le *longeron d'arrière* et sur la *largeur de l'échelette*, on construit un rectangle $\overline{FBCE}$, et, en joignant le sommet F au centre O de l'échelette, on obtient la ligne $\overline{FI}$ déterminant le *dos de la main*.

b. On construit ensuite le rectangle $\overline{MOCN}$, figurant la *projection du demi-extrados* de la voûte. La diagonale $\overline{FN}$, menée du sommet *arrière* N de ce rectangle au sommet *avant* F du précédent, détermine la *ligne inférieure JV* de l'*avant-bras*.

c. La diagonale $\overline{MG}$, menée du sommet M *antérieur* de la projection de la demi-voûte, à l'intersection I du dos de la main avec l'arête *postérieure* du longeron d'*avant*, détermine le *dessus IM* de l'*avant-bras*.

d. L'arête postérieure $\overline{DK}$ du *sabot d'arrière*, étant prolongée, coupe le front de l'échelette en B sur l'axe du tiroir. Cette ligne $\overline{DB}$ est *tangente à la courbure formée par la base KJ* du pouce.

e. La *phalange inférieure LZ* du *doigt supérieur* est déterminée par l'arête $\overline{LB}$ du longeron d'*avant*. Sa *phalange moyenne LX* est limitée par la *parallèle aux sabots tangente aux crochets de la corde archère*. Sa *petite phalange XY*, prolongée, coupe l'arrière de l'échelette à son intersection S avec le petit axe $\overline{SP}$ de l'ovale et avec l'arrière $\overline{DC}$ prolongé du rectangle $\overline{ABCD}$.

f. La courbure de raccordement du pouce avec l'*avant-bras JV* est tangente à $\overline{EI}$, diagonale joignant les *naissances supérieure I* et *inférieure J* de la *main* proprement dite. Cette diagonale passe d'ailleurs au sommet inférieur E du rectangle $\overline{FBCE}$ construit sur la *largeur BC* de l'échelette et sur le *longeron d'arrière EC*.

g. La phalange moyenne du *pouce* est tangente à la diagonale $\overline{DB}$ du rectangle construit sur la largeur $\overline{BC}$ de l'échelette et sur le demi-entr'axe $\overline{PO}$ des cadres-ressorts. Enfin la phalange extrême $\overline{KW}$ du pouce est tangente à $\overline{SH}$, diagonale joignant le centre H du front antérieur de la voûte avec l'intersection S du front postérieur $\overline{DC}$ de l'échelette et l'axe transversal $\overline{SP}$ du cadre-ressort.

364. Le mode de tracé ci-dessus permettait de *dessiner sans tâtonnement et de découper à la scie*, dans la planchette du toit, le PROFIL DES MAINS SYMBOLIQUES. Comme on vient de le voir, il procède théoriquement d'une combinaison savante, inspirée par un sentiment profond de l'art, c'est-à-dire de la nature. Celle-ci ne pouvait donc manquer à simplifier encore l'exécution pratique du tracé en question.

MONTURE.

Coulisse.

365. J'ai déjà fait remarquer la *convergence des ailes du portique vers l'arrière de la coulisse ou monture*, situé à 28 doigts = 8 modules du bâti. La figure 42 ci-après montre, en effet, que $\overline{WD}$, limite latérale de l'échelette, converge en β , limite arrière de la monture.

La monture β mesure 52 doigts de longueur. Comme l'indique Philon de Byzance pour les engins *euthytone*⁴²⁶, elle devrait avoir 56 doigts ou 16 modules, au lieu de 52 doigts.

Crosse.

Les 4 doigts manquants correspondent à la flèche $\beta\kappa$ de courbure de la crosse $\overline{MN}$. Quant à l'ouverture de celle-ci, elle correspond à la courbure du ventre d'un homme ordinaire, soit à 4 modules = 14 doigts. Son rayon est alors de 10 doigts⁴²⁷.

En donnant 1 doigt d'épaisseur aux abouts de la crosse, on trouve pour sa longueur totale 17. Il en résulte que le creux ou segment évidé de la crosse est inscrit dans un rectangle de 4 de base pour 1 de hauteur, double du rectangle antique. On a ainsi $m\kappa = 2\kappa\beta$, et par suite $m\beta$ est à angle droit avec $\overline{D\beta}$. Je signalerai ci-après d'autres concordances du tracé de la crosse avec l'épure générale du système.

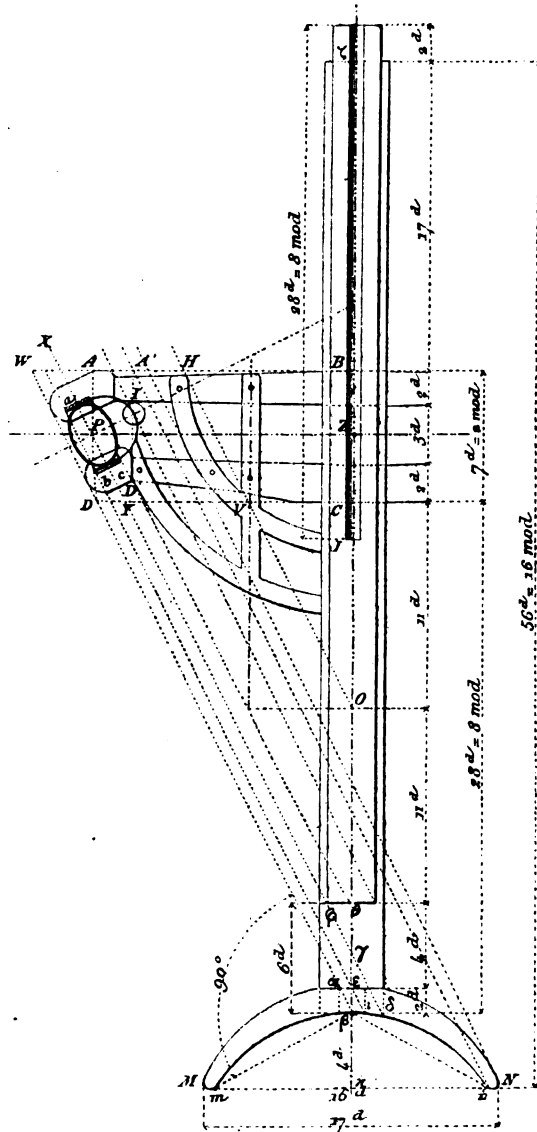
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Tasseau.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

366. Le tasseau *abcd* (fig. 43, p. 186) a 7 doigts = 2 modules de longueur. J'ai fait remarquer⁴²⁸ que cette partie de la monture est un *relief*

Fig. 42. Épure des directrices biaises reliant l'échelette avec la coulisse.



Echelle de 0^m,0045 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

et non le *creux* qu'y avait vu M. Vincent. Sa saillie *bc* est de $1\frac{1}{2}$ doigt. Ainsi que l'explique Héron⁴²⁰, le tasseau est *découpé dans le même bois que la coulisse*.

Le plan médian $\overline{PZ}$ (fig. 42) de la cage se trouve à 9 modules du fond β de la crosse, soit à 60 centimètres de l'œil du tireur. C'est la *longueur du bras*, depuis l'épaule jusqu'au centre de la main. En visant le but, l'archer tenait donc à *bras tendu* la machine, dont le centre de gravité reposait sensiblement sur sa main gauche.

Assemblage avec l'échelette.

367. La *coulisse* (fig. 39, p. 173) mesure $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module de largeur, sur 3 doigts d'épaisseur courante. Au droit du tasseau, l'épaisseur est de $4\frac{1}{2}$ doigts. Les arêtes du bois, surtout celles du dessous, sont adoucies en quart de rond.

L'échelette est fixée à la coulisse au moyen de deux *petits boulons* (fig. 43, p. 186) *traversant l'axe des longerons*⁴³⁰. En donnant à leurs têtes $\frac{1}{4}$ doigt d'épaisseur, on trouve 7 doigts = 2 modules, entre le dessous de ces têtes et le dessus du tiroir, savoir : Têtes des boulons = $\frac{1}{4}$; épaisseur des longerons = 1; tasseau = $1\frac{1}{2}$; coulisse = 3; et tiroir = $1\frac{1}{4}$; ensemble 7 doigts = 2 modules.

TIROIR.

368. La *section supérieure du tiroir* mesure « $2\frac{1}{2}$ doigts de large sur $1\frac{1}{4}$ de hauteur, $\overline{\omega\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma\ \acute{\omega}\varsigma\ [\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omicron\upsilon\varsigma]\ \overline{BC}}$, $\tau\acute{o}\ \delta\grave{\epsilon}\ \overline{\omega\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma\ \delta\acute{\alpha}\kappa\tau\upsilon\lambda\omicron\upsilon\varsigma}\ \overline{A\delta}$ ⁴³¹. » Nouvelle application du *rectangle antique*.

La *queue d'aronde* engagée dans la *rainure* de la *monture* a 1 doigt de hauteur. Sa base inférieure mesure 2 doigts de large et sa base supérieure $1\frac{1}{4}$ doigt.

Le tiroir mesure 48 doigts de longueur totale, dont 22 à l'arrière de la cage. La *volée*, ou portion antérieure, serait ainsi de 26 doigts. Mais il faut réserver ce nom pour la partie qui correspond à la *cannelure* destinée à recevoir le trait.

369. *A priori*, la *longueur du dard* doit être un multiple du *module*⁴³². En outre, elle doit être égale à la *course de la corde*, comme

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

dans l'arc, type primitif de toutes les machines de jet⁴³³. Enfin la flèche doit encore se trouver *tout entière sur le tiroir*, au moment où la corde archère cesse de lui communiquer l'impulsion.

Il suit de là que la *cannelure* doit être de *longueur double* de celle du trait; et, par conséquent, elle doit être un *multiple du module*.

Or le multiple de $3\frac{1}{2}$ doigts, le plus rapproché des 26 *doigts* ci-dessus, c'est $28\text{ doigts} = 8\text{ modules}$ (fig. 42).

La *cannelure* règne donc jusqu'au droit de l'arc intérieur $\overline{HJ}$ de la *petite côte du gril*. Par suite, le *trait* doit mesurer $14\text{ doigts} = 4\text{ modules}$. La *course* de la *corde archère* est seulement de $12\frac{1}{2}$ doigts, correspondant à la *baguette du trait*, y compris la *douille du fer à pointe triangulaire*. Le fer a 2 doigts de longueur totale.

On trouvera plus loin de nouvelles preuves à l'appui de cette restitution.

RELATIONS GRAPHIQUES ENTRE LE PORTIQUE, LA MONTURE ET LE TIROIR.

370. La figure 42 ci-dessus montre les diverses concordances retrouvées entre l'épure de la cage et l'arrière de la coulisse et du tiroir.

a. On a vu plus haut⁴³⁴ que l'oblique $\overline{DW}$, qui limite latéralement l'échelette, sous l'angle biais du $\pi\alpha\lambda\acute{\iota}\nu\tau\omicron\nu\omicron\nu$, concourt à l'arrière β de la coulisse, au fond même de la crosse.

b. On peut remarquer que $\overline{D\bar{Y}} = \frac{1}{2}\text{ module}$, car $\overline{DP} = 3\frac{1}{2}\text{ doigts}$. Donc l'axe $\overline{XY}$ prolongé passe en $\bar{\delta}$, angle extrême du bois de la coulisse, avant le découpage du tenon $\varepsilon\bar{\beta}$. Car $\beta\bar{\delta} = \frac{1}{2}\text{ module}$.

c. De même les rubans montants bc , de $\frac{1}{2}\text{ module}$ de largeur, fixent la face extérieure ba du cadre à $\frac{1}{4}\text{ module}$ de l'axe $\overline{XY}$ et de $\overline{WD}$. La face ab doit donc couper l'axe de la coulisse à la naissance ε du tenon d'assemblage de la crosse. En outre elle détermine l'angle extrême ι de ce tenon. On a donc $2\alpha\varepsilon = 2\text{ doigts}$ et par suite $\varepsilon\beta = 2\text{ doigts}$. Avec une épaisseur de 2 doigts, le tenon sera exactement cubique.

d. La crosse aura ainsi 2 doigts de largeur en plan, au droit $\varepsilon\bar{\beta}$ de la coulisse; aux extrémités, 1 doigt. En donnant à l'arc extérieur $\overline{MeN}$ le même rayon (10 *doigts*) qu'à l'arc intérieur, de manière à limiter la longueur totale $\overline{MN}$ de la crosse à 17 doigts, on obtient le

croissant ou forme lanair, τὸ σεληνοειδὲς σχῆμα, assignée à cette pièce par Héron d'Alexandrie.

La figure 42 et la grande épure hors texte ne représentent pas rigoureusement les détails (c) et (d) ci-dessus, parce que la directrice ab devrait être équidistante de XY et de WD . En pareille matière, la moindre distraction du tire-ligne peut obscurcir les déductions d'un art qui a tout demandé à la géométrie.

e. Si l'on construit un rectangle $A'BCD'$ sur le longeron $D'C$ d'arrière et sur la largeur BC de l'échelette, les directrices biaises menées par les sommets A' antérieurs de ce rectangle, concourent aux extrémités intérieures du croissant. De même les directrices extérieures aux cornes du croissant touchent l'arc postérieur de la petite côte HJ du gril.

f. L'axe XY prolongé jusqu'à la coulisse coupe en γ l'axe de cette pièce, et l'on a vu plus haut qu'il passe en δ . Comme $\overline{\beta\delta} = \frac{1}{2}$ module, on a $\overline{\beta\gamma} = 1$ module $= 3 \frac{1}{2}$ doigts. Or, de la queue β de la coulisse à la queue θ du tiroir, on compte 6 doigts. Il reste donc $\overline{\gamma\theta} = 6 - 3 \frac{1}{2} = 2 \frac{1}{2}$ doigts. C'est la largeur du tiroir. On en déduit $\overline{\gamma\theta} = 2 \overline{\phi\theta}$. Par suite, l'axe XY passe à l'angle ϕ postérieur du tiroir.

g. De la queue du tiroir à l'entrée de la cage, on compte $\overline{\theta C} = 22$ doigts. L'arrière du tiroir a donc son milieu O à $(11 + 7) = 18$ doigts du front antérieur B de l'échelette. La petite côte HJ du gril ayant 9 doigts de rayon, la ligne qui joint son extrémité H au milieu O de la portion arrière du tiroir est donc parallèle au biais. On a, en effet, $\overline{HB} = 9$ doigts et $\overline{BO} = 18$ doigts; donc $\overline{HO}$ est oblique à $\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur.

h. Cette ligne détermine, en outre, l'intersection V de l'arc intérieur de la petite côte avec l'axe de l'entretoise du gril.

Conclusion.

371. Les curieuses vérifications qui précèdent mettent en évidence le procédé graphique de l'épure. C'est par des directrices biaises que s'établissait la concordance des points principaux des machines de jet. Le biais était de 1 de base pour 2 de hauteur. Déjà constatée

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

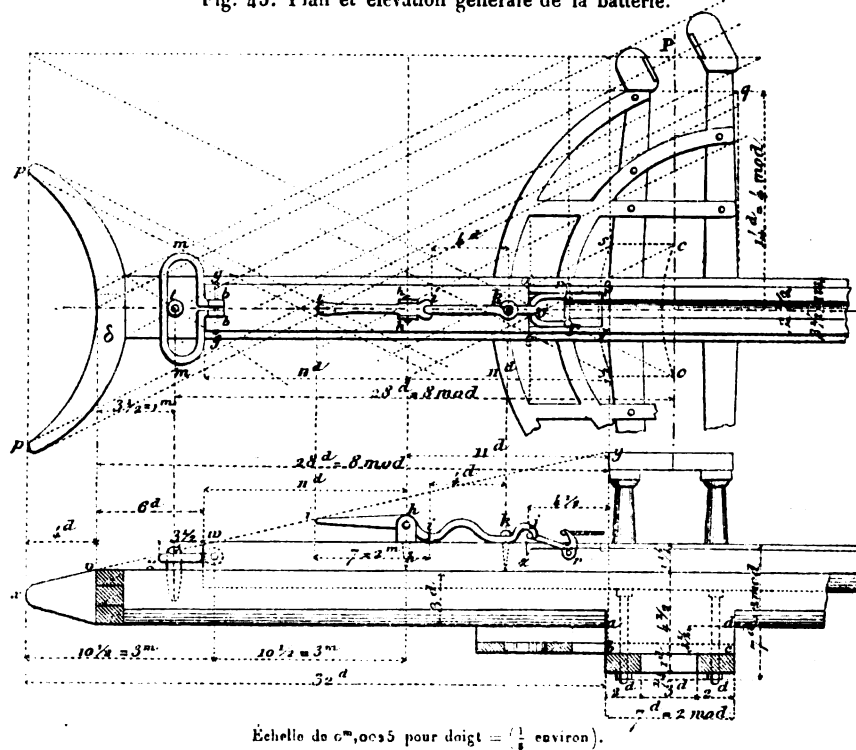
dans la figure des *écussons palintones*, cette méthode doit conduire sûrement à la restitution complète des engins *névrotones*. En attendant, la Chirobaliste va nous en fournir de nouvelles et intéressantes applications.

BATTERIE.

Siège du déclic.

372. En arrière de la cannelure, la portion $\bar{J}\theta$ restante (fig. 42) du tiroir mesure 20 doigts de long. Elle sert de siège aux diverses pièces du *déclic* ou *batterie*. Voici, d'après l'auteur grec, leur mode d'installation (fig. 43).

Fig. 43. Plan et élévation générale de la batterie.

*Manette.*

373. A la queue du tiroir s'ajuste la *manette* mm^{435} , dont la forme est indiquée par les figures des manuscrits. Elle est de *fer rond*, $\epsilon\epsilon$

ὄλης σιδηρᾶς⁴³⁶, contournée en rectangle à côtés arrondis; et les deux extrémités de la tige courbée viennent se rejoindre, pour former une double bride *b, b*, qui se loge dans une entaille pratiquée à l'arrière du tiroir. Une *goupille gg* traverse l'œil de la bride, ainsi que les mâchoires de l'entaille, et permet à la manette de prendre à volonté la position horizontale ou verticale.

L'axe de la goupille est à $\frac{1}{4}$ doigt de la queue du tiroir, soit à $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 modules de l'alignement des abouts de la crosse. La manette mesure extérieurement 7 doigts = 2 modules de long et $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module de largeur. Le *fer rond* dont elle est formée a $\frac{1}{4}$ doigt de diamètre. Ses dimensions internes sont donc de 6 doigts et $2 \frac{1}{2}$ doigts.

374. D'après l'épure ci-dessus, la manette est encadrée par les directions biaises *pq* joignant l'angle antérieur *q* du rectangle construit sur le *longeron d'avant* et sur la *largeur de l'échelette*, avec l'extrémité *p* de l'arc intérieur de la crosse.

Dans la machine armée, la manette est *rabattue*, de manière à se trouver retenue par un *bouton t*⁴³⁷, ajusté sur le dessus de la coulisse, et ayant 1 doigt de diamètre sur 1 doigt de saillie. L'axe de ce bouton est à $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module du fond de la crosse; et, par suite, il se trouve à 8 modules de l'axe de l'échelette, *distance des axes des ovals*. On a vu en effet (n° 366) que cet axe est à 9 modules du fond de la crosse. *L'axe du bouton et les centres des ovals élastiques forment donc* (fig. 42) *un triangle, dont la base* (entr'axe des ovals) *est égale à la hauteur* (distance du tourillon à l'axe de l'échelette); autrement dit, l'axe du bouton, CENTRE DE RÉSISTANCE de l'engin armé, se trouve à l'intersection γ des directrices biaises $\overline{XY}$ passant par les CENTRES DE PUISSANCE *P* et *Q* des ressorts; de sorte que $\overline{PZ} = \frac{1}{2} \overline{Z\gamma}$. Cette harmonie entre le canevas graphique de l'arme et les conditions de son équilibre statique est très-remarquable.

Fourchette et gâchette.

375. « A 11 doigts de la queue du tiroir⁴³⁸, s'enfonce jusqu'au refus, ὥστε ἀκίνητον διαμένειν, » le tenon d'une fourchette à bran-

24.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ches verticales hh (fig. 43, p. 186), entre lesquelles, dans l'axe longitudinal du tiroir, s'installe la *gâchette ii*, *σχασηπία*, ajustée au moyen d'une goupille, qui la laisse pivoter librement. A l'avant, la gâchette est fendue en *bec i* de 1 doigt de profondeur.

376. Voici les résultats de l'épure.

a. Le point *h* d'encastrement de la fourchette se trouve au milieu de la portion du tiroir située en arrière de l'échelette. Il est donc, comme on l'a déjà vu⁴³⁹, sur la *directrice qui passe par l'extrémité de l'arc intérieur de la petite côte du gril*.

b. Le pivot *h* de la gâchette est à $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 modules de celui de la manette, soit à 6 modules de l'alignement des abouts de la crosse.

c. La queue de la gâchette est limitée par les doubles *directrices des abouts de la crosse*. (Voir l'épure hors texte, à la fin de l'ouvrage.)

d. La longueur totale de la gâchette est de 7 doigts = 2 modules. Son bec repose sur le plan du tiroir. Sa queue est, au contraire, relevée de manière à pouvoir s'abaisser pour opérer la détente⁴⁴⁰.

e. Le bec de la gâchette est à $1 \frac{1}{2}$ doigt en avant du pivot.

f. En plan, le corps de la gâchette mesure $\frac{3}{4}$ doigt. Les branches de la fourchette ont $\frac{1}{4}$ doigt d'épaisseur. La fourchette a donc, de dehors en dehors, une largeur de $(\frac{3}{4} + 2 \times \frac{1}{4}) = 1 \frac{1}{4}$ doigt = moitié de celle du tiroir. Dans le sens de la gâchette, la fourchette mesure aussi $1 \frac{1}{4}$ doigt. Sa hauteur apparente sera aussi de $1 \frac{1}{4}$ doigt; soit, avec le tenon encastré, $2 \frac{1}{4}$ doigts.

g. Enfin l'élévation longitudinale montre que la droite *xy*, allant du fond de la crosse (dessus *v* de la coulisse) au bord supérieur *y* du toit, touche successivement l'arrière *z* de la manette, la queue *w* du tiroir et celle *i* de la gâchette. Cette droite détermine en même temps le plan d'arasement des cornes *xv* du croissant.

Serpenteau.

377. « Le *serpenteau*, dit l'auteur, a son pivot encastré dans le « corps du tiroir à 4 doigts en avant du bec de la gâchette⁴⁴¹. » Il pivote donc horizontalement. Le bec de la gâchette se terminant à

$1\frac{1}{2}$ doigt en avant du pivot de cette pièce, l'axe k du serpentéau tombe donc à $(11 + 1\frac{1}{2} + 4) = 16\frac{1}{2}$ doigts de la queue du tiroir, c'est-à-dire, à l'aplomb de l'arc intérieur de la grande côte du gril (fig. 43, p. 186).

a. Si l'on mène des *directrices* par les angles antérieurs c, c , du plan d'extrados de la voûte, dont la longueur est de 7 doigts = 2 modules, ces directrices se coupent en j , sur l'axe du tiroir, à 1 module en arrière de l'échelette. De même, les directrices des angles postérieurs s, s , de l'extrados se coupent sur le tiroir, à 2 modules en arrière de l'échelette. Le losange formé sur le tiroir, par ces quatre directrices, encadre l'avant du serpentéau, dont la longueur totale est de 2 modules.

b. La largeur en plan du serpentéau est de $\frac{3}{4}$ doigt, comme pour la gâchette. Au droit de l'œil, le diamètre total est de $1\frac{1}{4}$ doigt. La pointe du bec est à 2 doigts en avant du pivot.

c. Comme dans la gâchette, le bec j du serpentéau est moins élevé que sa queue. Toutefois il n'arase pas le plan du tiroir. Il en est à $\frac{1}{4}$ doigt, pour donner passage à la traverse de la bascule antérieure. A l'arrière, la queue du serpentéau, après s'être courbée, comme l'indique son nom, dans le plan vertical, vient s'engager dans la fente i de la gâchette, à l'arasement du tiroir.

Bascule et amarre.

378. A la suite du serpentéau vient la pièce nommée $\pi\epsilon\tau\sigma\lambda\alpha\pi\iota\omicron\nu$ (en forme de Π , soit une équerre en U, telle que $\alpha\beta\gamma\epsilon$, fig. 43) reproduite par les figures des manuscrits et d'un système assez complexe.

Elle s'installe dans une entaille qui « s'étend à $4\frac{1}{2}$ doigts du bec « du serpentéau, » c'est-à-dire à partir de la traverse arrière de l'anse horizontale de la bascule. Celle-ci étant à $17\frac{1}{2}$ doigts = 5 modules de la queue du tiroir, l'entaille du $\pi\epsilon\tau\sigma\lambda\alpha\pi\iota\omicron\nu$ se termine donc à $(17\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2}) = 22$ doigts de l'arrière du tiroir, c'est-à-dire au droit de l'arête postérieure ss de l'échelette.

379. Ce $\pi\epsilon\tau\sigma\lambda\alpha\pi\iota\omicron\nu$, comme l'indique son nom, se compose d'abord d'une équerre en U, encastrée sur le plan du tiroir, dans les conditions ci-dessus. Sa traverse joignant l'arrière de l'échelette se trouve à

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

$3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module de l'intersection des directrices antérieures de l'extrados⁴⁴².

380. Cette pièce empiète sur la *cannelure* du tiroir qui, comme on l'a vu⁴⁴³, s'étend jusqu'à la côte intérieure du gril. Ce fait explique la *gorge* indiquée au dessin du *πυρίδιον* dans les manuscrits, ou du moins dans une figure qui l'accompagne latéralement, et qui paraît en être l'élévation transversale, bien qu'elle porte les lettres indicatives NE du serpentéau (voir fig. 21, p. 124). La même figure, dans plusieurs manuscrits et dans Thévenot⁴⁴⁴, indique que la section de la traverse du *πυρίδιον*, au lieu d'être rectangulaire, aurait la forme d'un trapèze. J'en conclus qu'en effet la traverse de cette pièce pouvait, de la sorte, s'encaster dans une entaille biaise du bois, et s'y fixer ainsi solidement sans autre secours.

Quant aux *branches* de l'équerre en U, la plupart des manuscrits et Thévenot les terminent par de petits appendices, qui éveillent l'idée de *crochets verticaux* ou *ancres z* (fig. 43, *élévation*) s'enfonçant, à coups de marteau, dans le bois du tiroir. Les branches αβ, εγ, s'étendent jusqu'au bec j du serpentéau, c'est-à-dire que le *πυρίδιον* a $4\frac{1}{2}$ doigts de longueur. Les branches ont $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ doigt de section transversale.

381. Le rôle de cette pièce est de faciliter l'installation, presque à *fleur du tiroir*, de l'axe transversal d'une petite *bascule jr*, également en forme de Π, et qui paraît comprise, avec la pièce précédente, sous le nom collectif de *πυρίδιον*. Le pivot de cette bascule est formé de deux petits tourillons rr, maintenus sous les branches de l'équerre en U ci-dessus, convenablement entaillées. Ils sont placés en avant de la *bascule* en U, inscrite dans l'équerre en U fixe, mais ayant sa traverse à l'arrière; et les *branches* de la bascule présentent, *en avant des tourillons rr*, deux *doigts verticaux*, c'est-à-dire *perpendiculaires aux branches de la bascule*.

382. La *traverse de la bascule* étant abattue sur le *tiroir*, le *bec du serpentéau* vient s'appuyer dessus, dans l'axe de la machine. Tant qu'elle est maintenue par la gâchette, la *bascule* est immobile et ses *doigts verticaux* retiennent fortement la *corde archère*. Mais, dès que la gâ-

chette lâche le serpenteau, l'effort de la bascule suffit pour le chasser latéralement et pour déterminer la détente. *Les doigts se rabattent alors dans le fond de l'équerre d'amarre, et l'anse postérieure de la bascule se relève verticalement.* Il suffit donc de pousser en avant le tiroir, jusqu'à ce que la corde archère *touche et rabatte l'anse ainsi relevée, de manière à se trouver de nouveau saisie par les doigts de la bascule.* Cela fait, on calè le serpenteau et on refoule le tiroir, pour le coup suivant⁴⁴⁵.

L'axe de la bascule est à l'aplomb de l'arrière de la cannelure. Entre ses doigts verticaux, l'intervalle est de $\frac{3}{4}$ doigt. Le diamètre des doigts est $\frac{3}{8}$ doigt, on a ainsi $(\frac{3}{8} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8}) = 1 \frac{1}{2}$ doigt, intervalle des branches de l'amarre. Les doigts s'élèvent à $\frac{1}{5}$ doigt en contre-haut du tiroir.

Les branches de la bascule ont $\frac{3}{8}$ doigt de section carrée. De l'axe de son pivot à l'axe du fond de l'anse, on mesure 2 doigts.

Tel est le dispositif de la batterie, restitué d'après les données de l'auteur.

Forme allongée de la batterie.

383. Quant à la forme allongée du mécanisme, il est aisé d'en rendre compte. Lorsque la machine est armée, la queue du trait touche la corde archère au droit des doigts de la bascule, c'est-à-dire à 2 doigts en arrière de l'échelette. La course de la corde étant de $1 \frac{1}{2}$ doigts, il faut, pour armer de nouveau, pousser le tiroir, jusqu'à ce que l'axe de la bascule tombe sous la corde archère, c'est-à-dire à $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module, en avant de l'échelette. Or, dans cette position, la queue de la gâchette reste tout entière en arrière de l'échelette, et par conséquent à la portée du tireur. La queue du serpenteau tombe également à l'aplomb du longeron d'arrière. Le calage de la bascule se trouve donc ainsi commandé à distance, sans la moindre difficulté.

LEVIER BALISTIQUES.

Conoïdes.

384. Dans les notes annexées au § V de ma traduction (voir n° 307 et fig. 28), j'ai donné l'interprétation définitive que je propose pour les *Κωνοειδῆ*. M'appuyant sur les figures de la plupart des manus-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

crits⁴⁴⁶, il s'agit, ai-je dit, de deux pièces identiques, recevant chacune une broche métallique de forme arquée et terminée par un crochet. Les *conoïdes* servent de *manche* aux *broches*, à l'instar de celui d'un ciseau à main. Le *manche*, de forme tronconique, est *foré suivant l'axe d'un trou carré, qui reçoit la queue de la broche*. Celle-ci est en fer, *traverse le manche de part en part*, et s'y trouve maintenue par une virole ou *écrou* (*κρίκος*) installé à la base du manche, laquelle présente la forme d'un bourrelet ou *pommeau* « de 1 doigt d'épaisseur⁴⁴⁷. »

La figure 48 (p. 204) montre la forme du manche tronconique, qui lui permet de presser normalement le fond de la gorge du cadre-ressort.

385. Le diamètre du pommeau est de $2^d \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$ module. Son extrémité mince, adjacente au pivot, mesure $\frac{1}{2}$ doigt de diamètre. De ce côté, les manuscrits indiquent très-nettement deux *saillies latérales, de forme triangulaire* $\alpha\beta$, $\epsilon\zeta$ (fig. 27, p. 148) et symétriques de chaque côté de la broche : ce sont des *pointes coniques* ou *tourillons*, constituant les *pivots* mêmes des *battants*. Leur axe est à 3 doigts de la base du pommeau. L'auteur les appelle *τόρμοι ἐν ταῖς κορυφαῖς*⁴⁴⁸. Ils ont $\frac{1}{4}$ doigt de diamètre et de saillie. La longueur des pommeaux, mesurée sur leur axe, est de $3 \frac{1}{4}$ doigts.

386. Ainsi que je l'ai expliqué⁴⁴⁹, la structure du battant de la chirobaliste et de son pivot est *inverse* de celle du même organe dans le *χαλκότονον* de Philon de Byzance⁴⁵⁰. Néanmoins la forme du *κωνοειδής*, son faible diamètre, son trou carré central, ses tourillons transversaux faisant saillie à son extrémité, sont autant de circonstances attestant que la pièce était *fondue d'un seul morceau en bronze*, avec une grande économie de main-d'œuvre. Comme pour les chapes et crapaudines, le moulage offrait, ici encore, le moyen de fabrication le plus commode⁴⁵¹.

Broches.

387. A partir du pivot, la *broche* est sensiblement arquée. Elle présente, y compris le manche et le crochet opposé, une longueur totale « de 11 doigts⁴⁵². » Le crochet ayant « $\frac{1}{2}$ doigt de saillie, » son rabattement est aussi de $\frac{1}{2}$ doigt. La longueur de la broche propre-

ment dite est donc de $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 *modules*. En outre, le manche ayant $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 *module*, en y comprenant l'écrou d'arrière, la partie visible de la broche mesure 2 *modules*. Le manche forme le tiers de la longueur totale.

L'auteur appelle *ὑψος* la *saillie des crochets*. Ils se relèvent verticalement, pour placer la corde archère à l'arasement du tiroir.

388. Quant à la grosseur de la broche, elle est de $\frac{1}{2}$ doigt à son entrée dans le manche de bronze, avec lequel elle s'ajuste à frottement. Sa queue intérieure mesure au plus $\frac{1}{3}$ doigt et $\frac{1}{4}$ au droit de l'écrou. Celui-ci se réduit probablement à un *anneau*, qui s'ajuste à frottement (*συμφυής*) avec la queue de la broche, et qui est retenu par une *goupille* transversale⁴⁵³.

La portion visible de la broche s'amincit légèrement jusqu'au crochet; dont l'épaisseur est d'environ $\frac{1}{4}$ doigt. Elle contribue à l'effet balistique, en fléchissant elle-même d'une certaine quantité. Cela résulte de sa forme arquée et de sa faible section transversale. Rien n'est laissé au hasard dans l'œuvre grecque, et la puissance dynamique s'y concilie toujours avec l'élégance de la forme.

L'épure balistique de l'engin (fig. 45) complétera ci-après la justification des *κωνοειδῆ*.

ÉPURE BALISTIQUE.

Position des pivots.

389. J'ai démontré plus haut⁴⁵⁴ la coïncidence des *pivots* ou *centres des chapes* des *καμβέσῳρια* avec les points que l'auteur, dans la description du *καμάριον*, signale distants entre eux de $23 \frac{1}{2}$ doigts, à la condition pourtant que les *καμβέσῳρια* soient orientés à l'instar de l'écusson *palintone*. Dans cette hypothèse, j'ai fait voir que le pivot du battant est situé à $1 \frac{1}{2}$ doigt *en avant* de l'axe de l'échelette (fig. 34, p. 165), soit à $(1 \frac{1}{2} + 3 \frac{1}{2}) = 4 \frac{1}{2}$ doigts du bord arrière de l'échelette. Or, en joignant le talon D d'arrière au pivot I (fig. 44), on a dans le triangle $\overline{IDT}$:

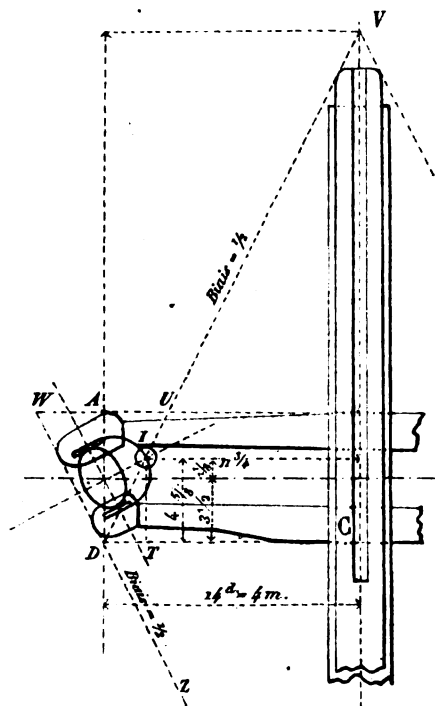
$$\frac{\overline{IT}}{\overline{DT}} = \frac{4 \frac{1}{2}}{2 \frac{1}{2}} = \frac{4.625}{2.250} = 2.0556. \quad \text{D'où angle } \overline{IDT} = 64^{\circ} 3'.$$

L'angle du biais antique est de $63^{\circ} 26'$. La différence n'est donc

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

que de 37'. Pour la corriger, il suffirait de ramener le pivot I à $4\frac{1}{8}$ doigts de l'arrière de l'échelette (puisque $\overline{DT} = 2\frac{1}{4}$ doigts). Son déplacement serait de $\frac{1}{8}$ doigt ou de $2\frac{1}{5}$ millimètres, quantité pratiquement négligeable⁴⁵⁵. Or la ligne $\overline{DI}$, prolongée jusqu'en V, axe du tiroir, est symétrique de $\overline{DZ}$, biais de l'échelette prolongé à l'arrière. On a en effet $\overline{AU} = \overline{AW}$. Les deux lignes $\overline{DU}$ et $\overline{DZ}$ forment donc

Fig. 44. Détermination de la position du pivot par le principe du biais antique.



Échelle de 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

un demi-losange, dont l'autre moitié est complétée par le surplus de l'épure symétrique. Ce losange a son grand axe sur le tiroir, et son petit axe sur le longeron $\overline{DC}$ arrière de l'échelette. Le grand axe mesure 16 modules et le petit axe 8 modules de longueur. Ce losange est donc inscrit dans le rectangle antique, de hauteur double de la base; et les pivots sont situés sur les côtés antérieurs de ce losange, qui représente le canevas fondamental de la *χειροβαλλίστρα*.

Μηδύ

Bien plus, dans la machine *désarmée*, les *battants* sont *orientés* suivant les *mêmes axes*.

Orientation des battants.

390. Nous avons vu que la gorge des *καμδέσρια* a de profondeur $\frac{1}{4}$ module, mesuré du dedans du montant. La figure 48 (p. 204) montre la section horizontale de cette gorge, avec la projection du pommeau du battant et de son pivot. Elle explique la raison d'être du pommeau, dont la fonction est de transmettre la pression oblique du battant, perpendiculairement à la surface de la gorge et en son milieu. C'est dans ces conditions, que le pommeau admet $\frac{1}{4}$ module de diamètre.

Les autres dimensions de cette pièce sont justifiées par l'épure.

L'orientation du battant vers l'avant de la machine résulte tout naturellement et de la position du pivot et de celle de la gorge du ressort⁴⁵⁶. Comme dans l'engin *palintone*, les leviers de la *chirobaliste* tombent donc dans la région extérieure de la machine, *ἀναπεπλωκότας εἰς τὸ ἐξτὸς μέρος*. La *chirobaliste* est donc *palintone*.

Angle du battement.

391. Lorsqu'on arme la corde archère, il se produit un effort de compression qui tend à ramener en arrière les pivots. Le même effort tend à entraîner également le montant d'avant du cadre à ressort : de là, compression énergique des ovales et tension puissante des *καμδέσρια*. Tout se passe comme si le pivot *a* et le point d'appui *b* du pommeau sur la gorge tournaient dans le même sens, autour d'un point intermédiaire *c*, pris sur l'axe du levier et invariable de position par rapport à la cage (fig. 45). Le point *c* constitue, pour ainsi dire, le pivot idéal du battant.

La symétrie des effets autour de ce pivot conduit à le supposer équidistant des points *a* et *b*. On l'obtient par l'intersection de l'axe du battant avec le prolongement du fond de la gorge. Donc la circonférence décrite de *c* comme centre, avec le rayon *ca*, passe par *b*. C'est sur cette courbe que se déplacent théoriquement les points *a* et *b*, dans la mise au bandé de la machine. Elle mesure $1 \frac{1}{4}$ doigt de rayon. Elle passe par le centre du pommeau, c'est-à-dire à $(1 \frac{1}{4} + \frac{1}{4}) = 2$ doigts du pivot

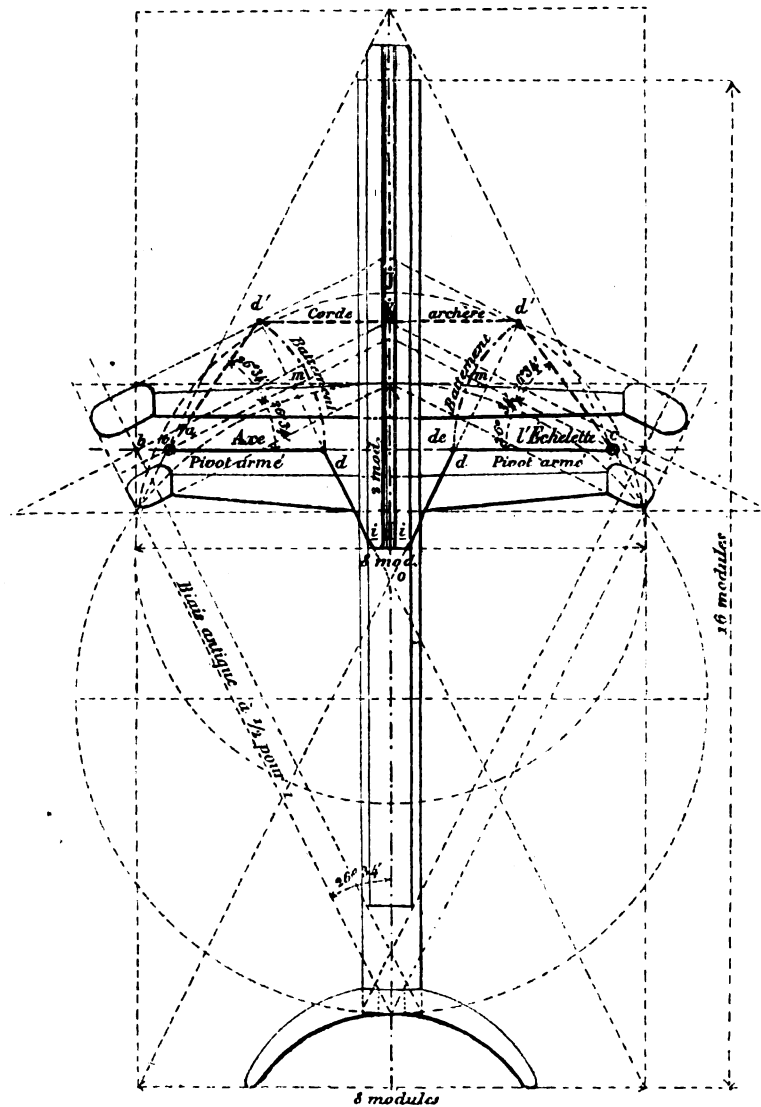
25.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

392. Du pivot c idéal à l'extrémité du battant, on compte $8\frac{3}{4}$ doigts. Mais la position du crochet d dans l'épure est encore incertaine, puisque la courbure de la broche n'est pas connue. Il s'agit de la déterminer.

Fig. 45. Épure balistique de la chirobaliste.



Échelle de 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

A mesure que la corde s'infléchit, elle forme, comme on l'a vu dans le *palintone*, une sorte de V, dont l'angle se ferme de plus en plus. Ici, le fond du V est occupé par la largeur des doigts de la bascule, mesurée de dehors en dehors.

Si l'on suppose la corde inextensible, on voit que la distance de chaque crochet au doigt voisin de la bascule doit être constante, quelle que soit la position de la bascule.

393. D'un autre côté, la courbure de la broche doit être en harmonie de direction avec l'ensemble de l'épure.

Enfin on sait que la corde archère, à l'abattu, doit se trouver en $d'd'$, à $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module en avant de l'échelette, et que sa course totale est de $12\frac{1}{2}$ doigts.

Je prends, sur la cannelure du tiroir (fig. 45), la longueur de $\overline{IJ} = 4$ modules, correspondant à la position du dard. J'en déduis, à l'avant, $\overline{JK} = 1\frac{1}{2}$ doigt pour la longueur de la pointe, et je mène la transversale $d'd'$ figurant l'axe de la corde archère au repos. Puis, du talon c du battant comme centre, avec un rayon de 11 doigts, je décris un arc de cercle dd' , qui coupe l'axe de la corde sensiblement dans la région où doit se trouver le crochet.

394. Or, en cherchant à rattacher cette intersection au reste de l'épure, je trouve les résultats suivants :

a. Le crochet d' est situé sur la circonférence décrite de la queue I du trait comme centre, avec 4 modules pour rayon, c'est-à-dire, passant par la pointe J de la flèche.

b. Cette circonférence coïncide avec l'arête extérieure des battants curvilignes, dont la forme se trouve ainsi déterminée.

c. Les crochets d' , d' , au repos tombent à 14 doigts = 4 modules l'un de l'autre. La corde archère mesure donc $d'd' = 4$ modules. On a aussi $dd' = 2$ modules; et d , d , coïncident avec les naissances antérieures de l'extrados.

d. Les directrices dd' des naissances de l'extrados concourent en o , à $3\frac{1}{2}$ doigts en arrière de l'échelette. Les doigts de la bascule se trouvant à $1\frac{1}{2}$ doigt en avant de ce point et mesurant, de dehors en dehors,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

$1\frac{1}{4}$ doigt, les directrices dd' sont tangentes aux doigts extérieurement. Ainsi le *doigt i* de la bascule et le *crochet du battant*, armé en d et abattu en d' , sont sur la ligne droite $d'di$, directrice biaise de l'épure.

e. La distance constante de chaque crochet au doigt voisin de la bascule est de $(7 - \frac{3}{4}) = 6\frac{1}{4}$ doigts. Mesurée, à partir de chaque doigt, sur la directrice de l'angle antérieur d'extrados, son extrémité tombe au sommet même de cet angle. Donc, quand la machine est armée, le *crochet se trouve en d*, à l'aplomb de ce sommet, et le *brin oblique di de la corde coïncide avec la directrice dd'*, dont il est le prolongement.

f. Dès lors, le *centre idéal c de rotation du bras* s'obtient par l'intersection de l'axe dc du battant au repos, avec la perpendiculaire cm au milieu de la droite dd' , qui joint les positions extrêmes du crochet. D'après l'épure, ce *centre idéal tombe sur l'axe même de l'échelette*. L'arc décrit par le crochet mesure ainsi $8\frac{3}{4}$ doigts de rayon ⁴⁵⁷.

g. La corde dd' de l'arc décrit étant une directrice, la perpendiculaire qui lui est menée du centre idéal fait, avec l'axe de l'échelette, l'angle aigu du *biais antique*, soit $\overline{mcd} = 26^{\circ} 34'$. Le même angle se trouvant être la *moitié de celui du battement*, on voit que l'angle total décrit par le battement sera de $\overline{d'cd} = 53^{\circ} 8'$. Il en résulte que le triangle formé par le pivot idéal c et par les positions extrêmes d' et d des crochets, est de base égale à sa hauteur, comme le triangle antique $\overline{CDN}$ (fig. 30, p. 155) formé par les trois centres des ovales ⁴⁵⁸. (Pour les corollaires de h à m , voir la grande épure hors texte, à la fin de l'ouvrage).

h. La perpendiculaire qui précède est la *corde idéale* de la broche courbée, dans la position moyenne du battant. D'après l'épure, elle passe en même temps au droit du fond de la gorge des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\sigma\iota\alpha$ et à l'extrémité de l'entretoise du gril.

i. L'arc de courbure des broches passe par la pointe du dard. La tangente à cet arc, menée au droit du crochet, est tangente à la phalange moyenne du doigt antérieur de la main symbolique. En outre, elle coupe l'axe de la machine à $10\frac{1}{4}$ doigts = 3 modules de la pointe de la coulisse.

j. L'arête antérieure du sabot d'avant, étant prolongée, touche extérieurement la courbure du crochet.

k. Les directrices menées par la pointe du dard déterminent la forme de la pointe du trait. En outre elles sont *tangentes à la courbure de la manche* des avant-bras symboliques. Le centre de cette courbure est sur l'axe du tiroir, à 1 doigt en arrière de l'échelette.

l. Le rectangle *antique* figuré par le plan de la voûte (extrados) se raccorde brusquement avec les ailes symboliques du toit. Je substitue à ces deux bases deux arcs concentriques $\overline{MHM'}$ et $\overline{NKN'}$ décrits de la pointe du dard comme centre. Il en résulte un raccordement très-élégant de la voûte avec les parties latérales. A l'arrière, elle surplombe l'échelette de $\overline{KC} = \frac{1}{4}$ doigt.

m. Le raccordement en plan de la courbe arrière de la voûte avec le longeron adjacent de l'échelette se fait très-élégamment, au moyen d'une contre-courbe figurant l'arête postérieure du longeron. On obtient ainsi une *doucine* allongée, qui donne à l'échelette un aspect plus dégagé.

Ces perfectionnements au tracé de la voûte et du longeron résultent *naturellement* de ce qui précède. Ils complètent ce que j'avais à dire du détail de l'épure.

DIMENSIONS DU TRAIT DE LA CHIROBALISTE.

395. Par hypothèse, j'en ai fixé plus haut la longueur à 4 modules, et l'on a vu combien cette dimension est favorable à la restitution de l'épure balistique. L'hypothèse est donc déjà presque certaine.

Dans l'*euthytone*, on sait que la longueur du trait était de 9 modules. J'ai expliqué⁴⁵⁹ que son diamètre était vraisemblablement de $\frac{1}{36}$ de la longueur, soit de $\frac{1}{4}$ module.

396. Dans la chirobaliste, la règle primitive donnerait une flèche de $31 \frac{1}{4}$ doigts. La cannelure du tiroir n'ayant que 28 doigts, le trait n'y serait pas soutenu d'une manière convenable. D'un autre côté, le mécanisme n'admet que $12 \frac{1}{4}$ doigts de course pour la corde archère. La course ne serait donc plus égale à la longueur du trait. Enfin une flèche de $31 \frac{1}{4}$ doigts démentirait le témoignage de Végèce⁴⁶⁰, d'après lequel la *manubaliste* (ancien *scorpion*) lançait des dards courts et sub-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

tils, parvis subtilibusque spiculis mortem inferunt. Celui de la chirobaliste doit donc se trouver *de dimensions réduites.*

397. Du temps de Héron, il existait de très-petites catapultes *névrotone*s. Philon de Byzance⁴⁶¹ mentionne le type *ἡμισπίθαμος*, dont le trait mesurait $\frac{1}{4}$ *empan* = 6 doigts. Puis venait le type *σπίθαμαῖος* ou de 1 *empan* (flèche de 12 doigts); et ensuite ceux de 2, 3, etc., *empans*⁴⁶².

On a déjà remarqué avec quel soin l'auteur, tout en s'efforçant de perfectionner l'ancien système, respecte cependant la tradition de l'engin *névrotone*. Le choix du MODULE = $3\frac{1}{2}$ DOIGTS correspond à l'*ouverture naturelle et moyenne de la main*; mais ce module se retrouve dans l'organe balistique. La *cage* est de longueur moyenne entre celles du *palintone* et de l'*euthytone*; et il en est de même de l'*angle du battement*, de la *longueur des leviers* et de la *longueur de la flèche*. En un mot, au point de vue des *proportions générales*, la chirobaliste est un TYPE MIXTE entre les deux spécimens *névrotone*s primitifs.

398. Étant admis que le trait de l'engin mesure 4 modules, la baguette mesurera 12 doigts de long = (1 *empan*), sur $\frac{2}{3}$ doigt de diamètre à la queue⁴⁶³, et s'amincira vers l'avant jusqu'à $\frac{1}{4}$ doigt. Le fer et la douille mesureront 2 doigts. Le diamètre de la douille est de $\frac{3}{4}$ doigt. Le fer a $1\frac{1}{4}$ doigt de long; et, comme la corde, à l'abattu, tombe au droit de la base du fer, la course effective de la corde est de $12\frac{1}{4}$ doigts. Elle tombe ainsi à 1 module en avant de l'échelette. La pointe triangulaire a $1\frac{1}{4}$ doigt de large et $\frac{3}{4}$ doigt d'épaisseur au droit de la douille.

Poids du trait.

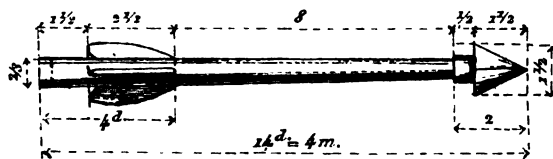
399. La figure 46 ci-après donne les dimensions suivant lesquelles j'ai calculé le poids du trait de la chirobaliste. Ce poids est de $26\frac{1}{3}$ grammes, ou environ 6 drachmes⁴⁶⁴. Il est presque identique à celui de la balle du fusil chassepot⁴⁶⁵.

400. A la densité de $\frac{1}{4}$, une balle de marbre, caillou, silex, aurait $26\frac{1}{3}$ millimètres de diamètre, la grosseur d'une noix⁴⁶⁶. A défaut de flèches, une pareille balle, de $1\frac{1}{4}$ doigt de diamètre, pouvait se loger

entre les branches du V formé par la corde archère et en recevoir une impulsion convenable. Mais l'effet en devait être incertain, et le pro-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 46. Restitution de la flèche de la chirobaliste.



Échelle de 0^m,005 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

jectile aigu était bien supérieur au biscayen de même poids. D'ailleurs, arasant le tiroir, la balle ne pouvait être exactement frappée au centre de gravité par la corde archère.

DIAMÈTRE DE LA CORDE ARCHÈRE.

401. En le supposant égal au diamètre de l'encoche de $\frac{1}{4}$ doigt qui occupe $\frac{1}{5}$ de la tranche de queue de la flèche, le diamètre de la corde archère serait d'environ $4\frac{1}{5}$ millimètres. Or, d'après les données modernes⁴⁶⁷, une corde de chanvre de diamètre d (millimètres) se rompt sous une charge de $4d^2$ kilogrammes. Elle ne doit pas travailler à plus de $2d^2$ kilogrammes. La charge pratique de la corde de la chirobaliste serait donc de $2(4.50)^2 = 40^k.50$.

Or on évalue à 80 kilogr. l'effort limite nécessaire pour bander la machine⁴⁶⁸, effort mesuré sur l'axe du tiroir, avec lequel les deux brins du V font chacun un angle de $26^\circ 34'$, tel que $\cos 26^\circ 34' = 0.894$. La tension de chaque brin, pour correspondre à 40 kilogrammes sur l'axe du tiroir, doit donc être d'environ 44 kilogrammes. C'est exactement la tension pratique calculée plus haut, d'après la règle moderne, pour une corde de $4\frac{1}{5}$ millimètres. Tel est donc le diamètre de celle de la chirobaliste.

CANNELURE DU TIROIR.

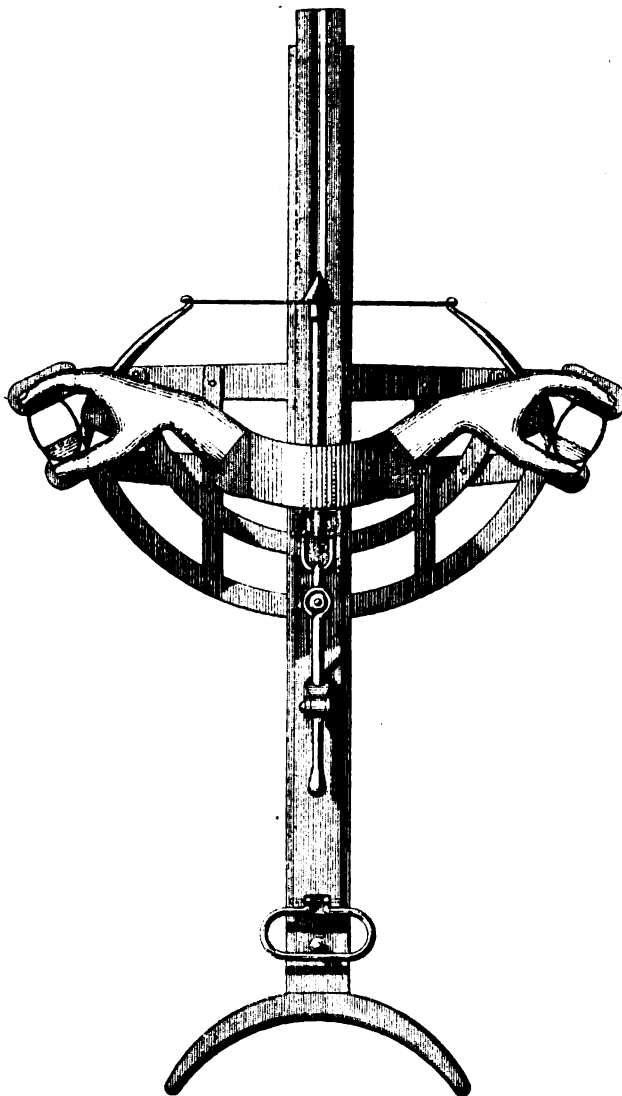
402. On a vu précédemment⁴⁶⁹ que la cannelure du tiroir occupe une longueur de 28 doigts = 8 modules, double de la longueur du trait. Sa largeur est de $\frac{2}{3}$ doigt, un peu moins du tiers de celle du tiroir, et sa profondeur est de $\frac{1}{4}$ doigt.

ÉPURE D'ENSEMBLE DE LA CHIROBALISTE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

403. La figure 47 ci-dessous représente en élévation la chiroba-

Fig. 47. La chirobaliste.



Échelle de 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

liste, dont l'épure générale, avec toutes les lignes du canevas technique de l'engin est donnée par la grande planche hors texte, à la fin

de l'ouvrage. Cette épure fait ressortir, avec une évidence complète, non-seulement la justesse des divers détails analysés précédemment, mais encore et surtout la prodigieuse habileté des artistes grecs dans l'exécution de l'ornement. Au point de vue de l'art antique, les spirituelles mains de la chirobaliste constituent un poème, aussi admirable, en sa conception exquise, qu'une ode d'Anacréon ou une idylle de Théocrite, et aussi achevé, par l'harmonie de sa structure, qu'un dialogue de Platon ou une tragédie de Sophocle.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

CALCULS BALISTIQUES.

Effort de bandage.

404. J'ai démontré précédemment⁴⁷⁰ que l'angle du battement des leviers est double du *biais antique*. On a donc $2\beta = 2 \times 26^{\circ} 34' = 53^{\circ} 8'$.

Dans chaque position successive des leviers, la réaction des ressorts fait équilibre à la tension de la corde, autour du *pivot idéal* *c*, défini n° 391. Si ces deux forces étaient connues, en projetant la tension de la corde sur l'axe du tiroir, on obtiendrait l'*effort balistique* de l'engin, pour la position considérée des battants. Cet effort reste sensiblement constant sur un faible parcours, et son travail balistique résulte du produit de l'effort par l'espace parcouru correspondant. La somme de tous les travaux analogues détermine la force vive totale, qu'il s'agit de calculer.

405. Grâce à la forme du pommeau, le talon du battant demeure constamment appuyé contre le fond de la gorge du ressort, suivant le grand axe de l'ovale ou le plan médian du cadre. La *réaction du ressort* a donc pour bras de levier moyen (fig. 48) la longueur $\overline{CA}$, distance du pivot idéal au plan médian du cadre. D'un autre côté, *son intensité croît proportionnellement à la flexion du ressort, c'est-à-dire à l'espace parcouru par le point d'appui du pommeau*. A l'instant initial, ce point d'appui est en A, au pied même de la perpendiculaire mesurant le bras de levier de la réaction considérée, et la réaction est nulle. A bout de course, elle est proportionnelle au déplacement total $c = \overline{AB}$ du pommeau. Or, à la limite, $c = 2$ doigts⁴⁷¹.

On a, d'après l'épure (fig. 48 ci-dessus),

$$c = a \tan 2\beta, \quad \beta = \text{angle du biais} = 26^\circ 34',$$

$$\tan 2\beta = 1.333 \quad \text{et} \quad a = 1 \frac{1}{2} \text{ doigt.}$$

Soit P l'effort courant de la main de l'archer et du poids de l'arme réunis, nécessaire pour mettre l'arme au bandé. La tension T des brins sera, pour $P = VN'$ et $LN'V = \theta$,

$$(1) \quad T = LN' = \frac{VN'}{2 \cos \theta} = \frac{P}{2 \cos \theta}$$

Le bras de levier $\overline{CJ} = b$ de cette tension fait également l'angle θ avec l'axe de l'échelette. On a donc

$$(2) \quad b = \overline{CJ} = \overline{CM'} \cos \overline{JCM'} r \cos \{ \theta - (2\beta - \omega) \} r \cos (\theta + \omega - 2\beta).$$

L'angle θ se détermine d'ailleurs par la relation⁴⁷²

$$(3) \quad \sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}.$$

Le moment M_t de la tension courante sera donc

$$(4) \quad M_t = Tb = \frac{P}{2 \cos \theta} r \cos (\theta + \omega - 2\beta).$$

La réaction du ressort a pour bras de levier moyen $\overline{CA} = a$. Elle croît d'ailleurs proportionnellement⁴⁷³ à la flexion $\overline{BA} = a \tan \omega$. Si donc S est sa valeur limite, lorsque $\omega = 2\beta$, la réaction R sera

$$(5) \quad R = S \frac{\tan \omega}{\tan 2\beta}$$

Et son moment M_r

$$(6) \quad M_r = Ra = S \frac{a \tan \omega}{\tan 2\beta}$$

Égalant ce moment à M_t , de l'équation (4), on trouve

$$(7) \quad \frac{P}{2 \cos \theta} r \cos (\theta + \omega - 2\beta) = S \frac{a \tan \omega}{\tan 2\beta}.$$

A la limite⁴⁷⁴, on a $P = 72^k$ et $\omega = 2\beta$; et il vient

$$Sa = \frac{Pr}{2} \quad \text{d'où} \quad S = \frac{Pr}{2a} = 36 \frac{r}{a}.$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ou bien, en tenant compte du poids de la machine, qui donne
 $P = 80^k$, on a

$$(8) \quad S = 40 \frac{r}{a}$$

Substituant dans l'équation (6), il vient

$$(9) \quad M_r = 40 r \frac{\tan \omega}{\tan 2\beta}$$

Égalant de nouveau M_t (4) et M_r (9), on a

$$\frac{P}{2 \cos \theta} \cos (\theta + \omega - 2\beta) = 40 \frac{\tan \omega}{\tan 2\beta}$$

D'où

$$(10) \quad P = 80 \frac{\cos \theta \tan \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta) \tan 2\beta} = 60 \frac{\cos \theta \tan \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)},$$

à cause de $\tan 2\beta = 1.333 = \frac{4}{3}$

406. L'extrême simplicité de la manœuvre et la nature des frottements permet de limiter à 10 p. o/o la perte d'effet utile due aux résistances passives, provenant de la roideur de la corde. L'effort absolu courant Φ sera donc 0.90 seulement de la quantité ci-dessus, équation (10), et l'on aura

$$(11) \quad \Phi = 54 \frac{\cos \theta \tan \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)}.$$

Course de la corde.

407. Elle se compose :

1° Du recul du crochet $\overline{NQ} = r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega)$.

2° De l'obliquité du brin $\overline{QN'} = \lambda \cos \theta$.

En la désignant par C, on a donc

$$(12) \quad C = \lambda \cos \theta + r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega).$$

Tables balistiques.

408. Reprenons les équations ci-dessus

$$(11) \quad \Phi = 54 \frac{\cos \theta \tan \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)}$$

$$(12) \quad C = \lambda \cos \theta + r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega)$$

et

$$(14) \quad \sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}$$

qui permettent d'évaluer la *force vive de l'arme* sans recourir aux opérations, ici impraticables, du calcul intégral⁴⁷⁵. J'y substitue les valeurs numériques suivantes :

$$\text{ou} \quad \lambda = 6 \frac{1}{4} \quad r = 8 \frac{3}{4} \quad \text{et } \delta = 11 \frac{1}{4}, \quad \text{en doigts.}$$

$$\lambda = 0.119 \quad r = 0.166 \quad \text{et } \delta = 0.219, \quad \text{en mètres.}$$

En outre,

$$\sin 2\beta = 0.80.$$

Il vient donc

$$(13) \quad C = 0.133 + 0.12 \cos \theta - 0.166 \sin (2\beta - \omega)$$

et

$$(14) \quad \sin \theta = 1.84 - 1.40 \cos (2\beta - \omega).$$

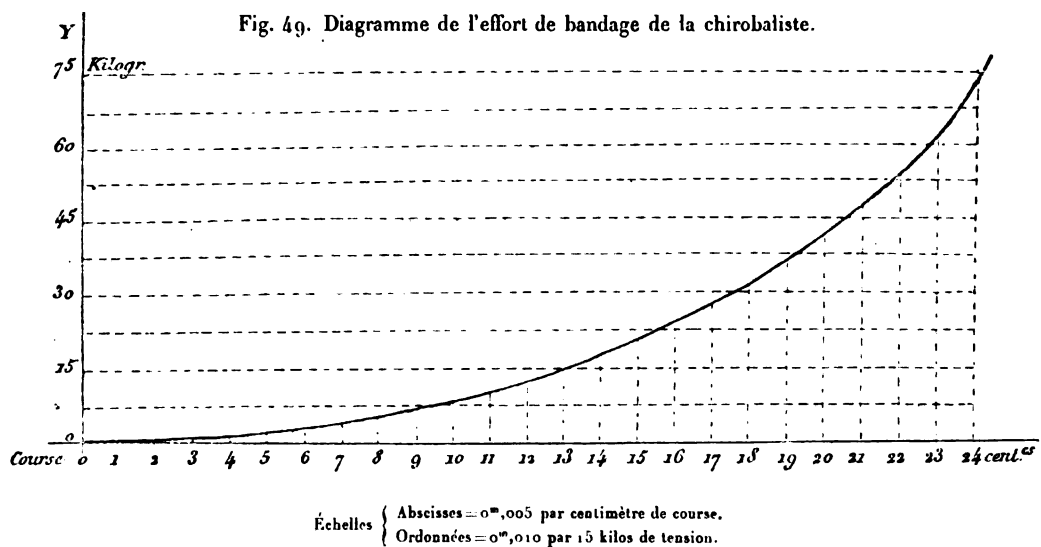
ANGLE ω .	TANG ω .	SINUS ($2\beta - \omega$).	COSINUS ($2\beta - \omega$).	COS θ .	COSINUS ($\theta + \omega - 2\beta$).	EFFORT ABSOLU Φ .	COURSE C.
3°	0.052	0.768	0.641	0.333	0.937	1.000	0 ^m .046
6°	0.105	0.733	0.680	0.460	0.964	2.703	0.067
9°	0.158	0.696	0.718	0.535	0.972	4.698	0.079
12°	0.213	0.658	0.753	0.618	0.983	7.230	0.095
15°	0.268	0.617	0.787	0.674	0.986	9.891	0.109
18°	0.325	0.575	0.818	0.719	0.988	12.771	0.121
21°	0.384	0.532	0.847	0.756	0.988	15.858	0.134
24°	0.445	0.487	0.874	0.787	0.988	19.116	0.144
27°	0.510	0.440	0.898	0.812	0.988	22.635	0.155
30°	0.577	0.393	0.920	0.833	0.983	26.406	0.166
33°	0.649	0.344	0.939	0.851	0.980	30.432	0.177
36°	0.727	0.295	0.956	0.865	0.974	34.863	0.187
39°	0.810	0.244	0.970	0.876	0.967	39.624	0.196
42°	0.900	0.193	0.981	0.884	0.958	44.847	0.206
45°	1.000	0.141	0.990	0.891	0.946	50.859	0.216
48°	1.111	0.089	0.996	0.895	0.931	57.672	0.225
51°	1.235	0.037	0.999	0.898	0.913	65.592	0.234
53° 8'	1.334	0.000	1.000	0.898	0.898	74.736	0.240

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

409. Les formules définitives (11), (13) et (14) dépendent des cinq valeurs angulaires $\cos \theta$, $\tan \omega$, $\cos(\theta + \omega - 2\beta)$, $\sin(2\beta - \omega)$ et $\cos(2\beta - \omega)$. La table ci-dessus fournit les éléments numériques correspondants. L'angle ω s'y trouve de 3° en 3° , jusqu'à $2\beta = 53^\circ 8'$. Les valeurs de $(2\beta - \omega)$ s'en déduisent immédiatement; et, par suite, celles de θ et de $(\theta + \omega - 2\beta)$.

410. Si l'on construit une courbe sur l'ensemble des points ayant pour *abscisses* les valeurs de la *course* C , et pour *ordonnées* celles de l'*effort absolu* Φ , on obtient le tracé suivant (fig. 48).



La courbe passe naturellement par l'*origine des coordonnées*. Il est facile d'y mesurer les valeurs de l'*effort absolu* Φ à chaque centimètre de la course. La *moyenne des valeurs de* Φ correspondant à deux nombres consécutifs de centimètres représente la *valeur constante* que l'on peut assigner à Φ , pendant que la corde parcourt le centimètre considéré. Le *produit de cette moyenne* par 0^m.01 donne le *travail de tension* correspondant.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Force vive totale.

$$\text{tang } \omega' = \frac{\frac{1}{12}}{\frac{1}{18}} = \frac{1}{18} = 0.056,$$
$$\omega' = 3^\circ 12'.$$

27

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

L'angle $\omega' = 3^{\circ} 12'$ donnerait donc $C = 0^m.050$, course à laquelle correspond (table du n° 411), le travail $0^{km}.012$, correspondant à l'effort moyen

$$\varepsilon = \frac{0.012}{0.05} = 0^k.24.$$

Cet excédant s'ajoute à l'effort moyen E nécessaire pour armer la corde archère. Or cet effort est

$$E = \frac{4^{km}.650}{0^m.24} = 19^k.35.$$

On a donc

$$E + \varepsilon = 19^k.35 + 0^k.24 = 19^k.59;$$

soit, pour le travail total,

$$T = 19^k.59 \times 0.24 = 4^{km}.70.$$

Posons, en nombre rond,

$$E + \varepsilon = 20^k$$

$$\text{et } T = 20 \times 0.24 = 4^{km}.80.$$

On a vu plus haut (n° 409, tableau) que le *maximum de l'effort absolu* Φ est de $74^k.74$, soit $\Phi' = 75^k$, correspondant à la tension limite de la corde. Cet effort correspond à la force habituelle d'un homme vigoureux⁴⁷⁶. En y ajoutant le poids de l'engin, qui est de 8^k , et qui s'ajoute à l'effort moyen de 20^k ci-dessus, on obtient pour le travail de bandage fourni par l'homme et par le poids de l'engin⁴⁷⁷:

$$T' = (20 + 8) \times 0.24 = 6^{km}.72,$$

soit

$$T' = 6^{km}.80.$$

Mais, comme, dans la flexion des ressorts, la *moitié de l'effort fléchissant* Φ est absorbée par le jeu moléculaire du métal, on comptera seulement pour le *travail utile de la détente*:

$$T_u = 3^{km}.40.$$

Les $T = 4^{\text{km}}.80$, dépensés par le tireur dans une manœuvre nécessairement intermittente⁴⁷⁸, excèdent à peine le travail moyen courant d'un ouvrier employé à *soulever des poids avec la main et à les élever à une certaine hauteur*. Considéré comme continu, son travail correspond, en effet, à un *effort moyen* de 40 kilogrammes, avec une vitesse de $0^{\text{m}}.12$ par seconde⁴⁷⁹.

413. Les conditions balistiques de l'arme d'Héron, telles qu'elles sont établies ci-dessus, sont donc tout à fait normales. L'arme peut être manœuvrée par un soldat de force moyenne, comme l'atteste Vitruve, « *unius ope prudenti tactu perficit quod propositum est.* »

Vitesse initiale de la flèche.

414. Entre la *masse* m du projectile, T_u le *travail balistique utile* et V la *vitesse initiale*, on a la relation

$$T_u = \frac{1}{2} m V^2.$$

D'où

$$V = \sqrt{\frac{2 T_u}{m}},$$

On a trouvé plus haut, pour le poids de la flèche,

$$p = 6 \text{ drachmes} = 0^{\text{k}}.0262.$$

Et comme

$$p = mg = 9^{\text{m}}.8088m$$

on en déduit

$$m = \frac{p}{g} = \frac{0.0262}{9.8088} = 0.00267$$

On a d'ailleurs

$$2T_u = 2 \times 3^{\text{km}}.40 = 6^{\text{km}}.80.$$

Il vient donc

$$V = \sqrt{\frac{6^{\text{km}}.80}{0.00267}} = \sqrt{2545} = 50^{\text{m}}.00.$$

Soit, en nombre rond, $V = 50$ mètres.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Portée du jet de la chirobaliste.

415. La portée dans le vide d'un projectile, lancé sous l'angle α et sous la vitesse initiale V , a pour formule connue

$$A = \frac{V^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Au maximum, pour $\alpha = 45^\circ$, on a $\sin 2\alpha = 1.00$.

$$A = \frac{V^2}{g} = \frac{2500}{9.8088} = 255 \text{ mètres,}$$

soit, en nombre rond, $A = 260$ mètres.

416. En tenant compte de la *résistance de l'air*, supposée *proportionnelle au cube de la vitesse initiale* V , on obtient la *portée pratique* E de la flèche par la formule balistique suivante⁴⁸⁰, usitée pour les projectiles *ogivo-cylindriques* des bouches à feu :

$$E = -H \frac{m}{V} + \sqrt{2 H \frac{m}{V} \left(A + \frac{H m}{2 V} \right)},$$

dans laquelle $H = 1,100,700$ et $m = \frac{m}{\Sigma}$, Σ étant la *section transversale*, en *décimètres carrés*, du trait de masse m ; c'est-à-dire la *masse-unité* opposée à l'air.

La *section* Σ , dans la flèche de la chirobaliste, est le losange de $1 \frac{1}{2}$ doigt sur $\frac{3}{4}$ doigt formant la *base du fer triangulaire*. On a donc, en doigts :

$$\Sigma = \frac{1}{2} \left(1 \frac{1}{2} \right) \left(\frac{3}{4} \right),$$

soit, en *décimètres carrés* :

$$\Sigma = \frac{1}{2} (0^{\text{déc.}}.286) (0^{\text{déc.}}.143) = 0^{\text{déc.}}.02045.$$

On a donc

$$m = \frac{m}{\Sigma} = \frac{0.00267}{0.02045} = 0.1305, \quad \text{et} \quad \frac{m}{V} = \frac{0.1305}{50} = 0.00261.$$

Et par suite

$$E = -2,873^m + \sqrt{5,746 (260^m + 1,437^m)},$$

soit

$$E = -2,873^m + \sqrt{9,750,962^m} = 3,123^m - 2,873^m = 250 \text{ mètres.}$$

Sous la vitesse initiale $V = 50$ mètres, la résistance de l'air *varie seulement comme le carré de la vitesse*. On peut donc poser, sous l'angle limite $\alpha = 45^\circ$,

$$E = 280 \text{ mètres, soit } E = 1 \frac{1}{2} \text{ STADE.}$$

Sous l'angle usuel $\alpha = 10^\circ$, obtenu en visant par la ligne joignant la queue du tiroir à la crête du toit, on trouve $A' = 96^m.00$, portée dans le vide.

Et la portée pratique correspondante est :

$$E' = -2,873^m + \sqrt{5,746 (90^m + 1,437^m)} = -2,837^m + \sqrt{8,774,142^m},$$

d'où

$$E' = 2,965^m - 2,873^m = 92^m, \text{ soit } E' = \frac{1}{2} \text{ STADE.}$$

Portée comparative de la chirobaliste avec celle des engins névrotones.

417. Ainsi la flèche de la chirobaliste avait une vitesse initiale d'environ 50 mètres, et portait à $1 \frac{1}{2}$ STADE au maximum. Son tir ordinaire portait à $\frac{1}{2}$ STADE seulement.

418. Pour un scorpion (*euthytone*) lançant un trait de 500 grammes, M. Dufour a trouvé⁴⁸¹ une vitesse initiale $V = 66^m.10$. Ailleurs⁴⁸² il donne $V = 62^m.80$ et⁴⁸³ $V = 64^m.18$: portées correspondantes $A = 445^m$, $A = 402^m$ et $A = 420^m$, que le savant officier cherche à justifier par preuves historiques⁴⁸⁴. Mais ces portées correspondent au vide, sous $\alpha = 45^\circ$; et l'on vient de voir qu'à cette limite la résistance de l'air est presque sans effet sur la portée théorique.

419. Agésistrate, dit Athénée le mécanicien⁴⁸⁵, avait construit une catapulte de 3 empans (trait de 36 doigts = $0^m.684$) portant à $3 \frac{1}{2}$ stades ou $647^m.50$; et aussi un *παλίντρονον*, lançant un trait de 4 coudées

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

(96 doigts = 1^m.824) à 4 stades ou 740 mètres. Mais l'auteur ne dit rien du poids de ces projectiles.

420. J'ai démontré⁴⁸⁶ qu'à *module égal*, la *flèche* de l'*euthytone* a même poids que le *boulet* du *palintone*. Or on sait que le module μ et le poids β (en mines) du boulet sont liés par l'équation

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 \beta}$$

Dans l'*euthytone*, à flèche de λ doigts de longueur, on a $\lambda = 9 \mu$, d'où

$$\mu = \frac{\lambda}{9} = 0.111 \lambda.$$

Il vient donc

$$0.111 \lambda = 1.10 \sqrt[3]{100 \beta}$$

d'où

$$\lambda = 10 \sqrt[3]{100 \beta} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{\lambda^3}{100.000} = 0.00001 \lambda^3.$$

Les deux traits d'Agésistrate pèseraient donc

$$\beta_1 = 0.00001 (36)^3 = 0.467, \text{ soit } \frac{1}{2} \text{ mine}^{487}.$$

et
$$\beta_2 = 0.00001 (96)^3 = 8.847, \text{ soit } 9 \text{ mines.}$$

La mine pesant 0^k 436 (ou 100 drachmes), on a donc

$$\beta_1 = (0^k.436)^{\frac{1}{2}} = 220 \text{ grammes}$$

et
$$\beta_2 = (0^k.436) 9 = 3^k.925.$$

Sous l'angle de 45°, les portées ci-dessus $\Lambda = 647^m.50$ et $\Lambda = 740^m$, donnent les *vitesses initiales* $V = 79^m.70$ et $V = 85^m.20$, dans le vide.

421. Ces nombres excèdent d'un tiers les vitesses trouvées par Du-four pour des engins beaucoup plus puissants. Mais les projectiles d'Agésistrate sont des flèches, dont la plus lourde ne pesait que 4 kilos. Athénée déclare à *peine croyables*⁴⁸⁸ les portées obtenues. Elles prouvent seulement avec quel soin le constructeur avait ménagé l'effet utile de ses engins. Ces résultats étaient exceptionnels, et l'on

doit admettre que les *vitesse initiales* des grosses machines de jet variaient de 60 à 65 mètres, pour une portée d'environ 2 stades, distance des lignes d'investissement des places chez les Romains.

422. Par sa *vitesse initiale* et par sa *portée pratique*, la chirobaliste prend place à côté des autres engins de siège. Seulement elle lançait un trait de masse limitée au poids suffisant pour produire une blessure mortelle. Elle servait, dans la défense des places, au moment de repousser l'assaut⁴⁸⁹. Elle dépassait en portée l'arc et la fronde : et Végèce l'a classée au rang des ARMES PORTATIVES.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Manœuvre de l'engin.

423. La Chirobaliste se manœuvrait en cinq temps, savoir :

- 1° Appuyer l'arme contre la hanche droite en la soutenant de la main gauche;
- 2° Pousser le tiroir et caler la batterie;
- 3° Appuyer contre terre la pointe du tiroir et refouler la corde en arrière;
- 4° Remettre l'arme à la position n° 1 et poser le trait;
- 5° Épauler, viser et presser la détente.

L'ordre des paragraphes est celui de la description grecque.
Les lettres grecques de renvoi correspondent aux subdivisions du texte.
Les numéros de renvoi correspondent à ceux de la Synthèse.
Les dimensions libres sont fournies directement par le texte grec.

NOTA. — Le nombre total des dimensions (colonnes 8, 9 et 10) est le PRODUIT du nombre des DIMENSIONS

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
§ I. COULISSE ET TIROIR (Χειρὸς. n° 303, p. 116 à 123).		
1° Dimensions données par le texte.		
(Fig. 19 et 20.)		
303 α, β, 312 g, 365, 367.	Coulisse. Dimensions pleines.	1
303 α, γ, 368.	Tiroir. Dimensions pleines.	1
303 δ, 368.	Rainure de la coulisse et languette du tiroir en queue d'aronde.	1
303 ε, 312 e.	Tasseau. { Distance à l'arrière de la coulisse.	1
303 ε.		1
303 ε, 312 f, 366.		1
303 ε, 366.		1
(Fig. 42, 43 et 46.)	2° Dimensions déduites de la Synthèse.	
365.	Crosse. Longueur totale.	1
365.	Segment évidé ou creux de la crosse. { Flèche.	1
		1
366.	Distance de l'axe de l'échelette au fond de la crosse.	1
367.	Épaisseur de la coulisse, non compris le tasseau.	1
367.	Hauteur du plan balistique en contre-haut du dessous des écrous assemblant l'échelette avec le tasseau.	1
368.	Langue du tiroir, en queue d'aronde. { Base inférieure.	1
		1
368, 370 f.	Distance du fond de la crosse à la rainure de la coulisse.	1
	A reporter.	7

SYNOPTIQUE

DE LA CHIROBALISTE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les dimensions entre parenthèses résultent des déductions de la Synthèse.

Le MODULE = $3\frac{1}{2}$ DOIGTS.

Le doigt = $\frac{1}{16}$ du pied athénien = 19 millimètres.

(Le pied athénien = 308 millimètres.)

PARTIELLES (colonnes 4, 5, 6 et 7) par le nombre des PIÈCES ou parties semblables (colonne 3).

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
52 ^d	3 ^d $\frac{1}{2}$ = (1 mod.)	4 ^d $\frac{1}{2}$	"	3	"	1
48 ^d	2 ^d $\frac{1}{2}$	1 ^d $\frac{1}{4}$	"	3	"	"
46 ^d	"	1 ^d	"	2	"	"
"	"	"	28 ^d = (8 mod.)	1	"	1
"	"	"	17 ^d	1	"	"
7 ^d = (2 mod.)	"	"	"	"	1	1
"	"	1 ^d $\frac{1}{2}$	"	1	"	"
(17 ^d)	"	"	"	"	1	"
(4 ^d)	"	"	"	"	1	"
(16 ^d)	"	"	"	"	1	"
"	"	"	31 ^d $\frac{1}{2}$ = (9 mod.)	"	1	1
"	"	(3 ^d)	"	"	1	"
(7 ^d = 2 mod.)	"	"	"	"	1	1
"	(2 ^d)	"	"	"	1	"
"	(1 ^d $\frac{1}{2}$)	"	"	"	1	"
"	"	"	(6 ^d)	"	1	"
				11	10	5

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.....	7
368, 402.....	Cannelure du trait. Dimensions.....	1
369, 401.....	Corde archère. Longueur.....	1
370 c.....	Tenon d'assemblage de la crosse avec la coulisse.....	1
365, 370 d.....	Largeur de la crosse { au droit de la coulisse..... aux extrémités du croissant.....	"
365, 370 d.....	Rayons de courbure de la crosse. { Interne..... Externe.....	"
370 g.....	Distance de la queue du tiroir à l'entrée de la cage.....	"
369, 395, 398.....	Trait ou flèche. { Dimensions de la tige..... Dimensions du fer triangulaire..... Dimensions de la douille..... Longueur totale du trait.....	1 1 1 "
399.....	Poids du trait..... (6 drachmes = $26\frac{1}{2}$ grammes.)	"
415.....	Portée pratique du trait. { Sous l'angle de $45^\circ = (1\frac{1}{2}$ stade)..... Sous l'angle de $10^\circ = (\frac{1}{2}$ stade).....	" "
§ II. BATTERIE (<i>Χειροβ.</i> n° 304, p. 123 à 136).		
1° Dimensions données par le texte.		
304 β, γ, ε, 375, 376 f.....	Fourchette recevant la gâchette. Distance à la queue de la coulisse.....	1
304 ε, 377.....	Bec de la gâchette. Longueur de la fente.....	1
304 ε, 378.....	Serpenteau. Distance de son pivot au bec de la gâchette.....	2
	Pittarium. Longueur de la portion entaillée.....	3
2° Dimensions déduites de la Synthèse.		
372.....	Longueur du siège de la batterie sur le tiroir.....	"
373.....	De l'axe de la goupille de manette à la queue du tiroir.....	"
373.....	Manette. { Dimensions internes..... Dimensions externes..... Diamètre du fer rond.....	1 " "
374.....	Bouton de retenue. { Distance de l'axe au fond de la crosse..... Distance de l'axe à l'axe de l'échelette.....	1 "
376 a.....	Distance de la manette à la gâchette entre les pivots.....	"
376 d.....	Gâchette. Longueur totale.....	1
376 e.....	Saillie du bec de la gâchette en avant du pivot.....	"
	A reporter.....	23

DIMENSIONS PARTIELLES.

NOMBRE TOTAL
DES DIMENSIONS.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
(28 ^d = 8 mod.)	($\frac{2d}{3}$)	($\frac{1d}{4}$)	//	11	10	5
(12 ^d $\frac{1}{2}$)	($\frac{1d}{4}$)	//	//	//	3	1
(2 ^d)	($\frac{1d}{4}$)	(2 ^d)	//	//	2	//
//	($\frac{1d}{4}$)	//	//	//	3	//
//	($\frac{1d}{2}$)	//	//	//	1	//
(10 ^d)	//	//	//	//	1	//
(10 ^d)	//	//	//	//	1	//
//	//	//	(22 ^d)	//	1	//
(12 ^d $\frac{1}{2}$)	($\frac{2d}{3}$) ($\frac{1d}{2}$)	//	//	//	3	//
(1 ^d $\frac{1}{2}$)	(1 ^d $\frac{1}{2}$)	($\frac{3d}{4}$)	//	//	3	//
($\frac{1d}{2}$)	($\frac{2d}{4}$)	//	//	//	2	//
(14 ^d = 4 mod.)	//	//	//	//	1	1
//	//	//	//	//	1	//
//	//	//	//	//	1	//
//	//	//	//	//	1	//
//	//	//	11 ^d	1	//	//
1	//	//	//	1	//	//
//	//	//	4 ^d	1	//	//
4 ^d $\frac{1}{2}$	//	//	//	1	//	//
(20 ^d)	//	//	//	//	1	//
//	//	//	($\frac{1d}{2}$)	//	1	//
(6 ^d)	(2 ^d $\frac{1}{2}$)	//	//	//	2	//
(7 ^d = 2 mod.)	(3 ^d $\frac{1}{2}$ = 1 mod.)	//	//	//	2	2
//	($\frac{1d}{2}$)	//	//	//	1	//
//	//	//	(3 ^d $\frac{1}{2}$ = 1 mod.)	//	1	1
//	//	//	(28 ^d = 8 mod.)	//	1	1
//	//	//	(10 ^d $\frac{1}{2}$ = 3 mod.)	//	1	1
(7 ^d = 2 mod.)	//	//	//	//	1	1
(1 ^d $\frac{1}{2}$)	//	//	//	//	1	//
				15	47	13

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report	23
376 f.	Largeur du corps de la gâchette	#
	Épaisseur des branches de la fourchette	2
	Dimensions totales de la fourchette	#
377	Serpenteau. Distance de son axe à la queue du tiroir	2
377 b.	Largeur en plan du serpenteau	#
	Diamètre du serpenteau au droit du pivot	#
	Saillie du bec du serpenteau en avant du pivot	#
378	Entaille du Pittarium. { Distance à l'arrière du tiroir	1
	{ Longueur de l'entaille	#
379	Distance de l'avant du Pittarium à l'arrière de l'échelette	#
380	Dimensions des branches du Pittarium	2
	Pittarium. Distance de l'axe de bascule à l'arrière du tiroir	#
	Intervalle entre les doigts verticaux de la bascule	#
382	Diamètre des doigts	2
	Hauteur des doigts	#
	Section des branches de l'anse en U de la bascule	2
	Distance de l'axe de la bascule au fond de l'anse en U	#
§ III. RESSORTS (Χειροσφ. n° 305, p. 131 à 136).		
1° Dimensions données par le texte.		
305 β̄, 312 a, 312 b, 327	Montants verticaux des cadres-ressorts	4
305 γ̄	Ovales. Largeur ou petit diamètre interne	4
305 γ̄, 317, 327	Largeur du ruban d'acier formant l'ovale	#
305 δ̄, 312 c	Intervalle entre les montants des cadres	#
305 ε̄, 321	Brides d'assemblage des étriers avec les cadres	8
305 ζ̄	Chapes en bronze. { Longueur des chapes	4
305 ζ̄, 321		#
305 η̄, 321		4
305 ξ̄, 330	Crapaudines, appendices des chapes	4
305 η̄, 321, 323	Étriers reliant les chapes et pivots aux cadres-ressorts	4
(Fig. 30, 31, 32, 33 et 34.)		
2° Dimensions déduites de la Synthèse.		
320	Épaisseur x des lames composant les cadres-ressorts	#
325	Distance du centre de l'ovale au centre de la chape (pivot)	#
A reporter		66

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				15	47	13
"	$(\frac{3d}{4})$	"	"	"	1	"
"	"	$(\frac{1d}{4})$	"	"	2	"
$(1\frac{d}{4})$	$(1\frac{d}{4})$	$(2\frac{d}{4})$	"	"	3	"
"	"	"	$(16\frac{d}{2})$	"	1	"
"	$(\frac{3d}{4})$	"	"	"	1	"
"	$(1\frac{d}{4})$	"	"	"	1	"
(2^d)	"	"	"	"	1	"
"	"	"	$(17\frac{d}{4} = 5 \text{ mod.})$	"	1	1
"	"	"	$(4\frac{d}{2})$	"	1	"
"	"	"	(0^d)	"	1	"
$(4\frac{d}{2})$	$(\frac{1d}{2})$	$(\frac{1d}{4})$	"	"	6	"
"	"	"	(20^d)	"	1	"
"	"	"	$(\frac{3d}{4})$	"	1	"
"	$(\frac{3d}{8})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{1d}{2})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{3d}{8})$	$(\frac{3d}{8})$	"	"	4	"
"	"	"	(2^d)	"	1	"
$10\frac{d}{2} = (3 \text{ mod.})$	$(1\frac{d}{4} = \frac{1}{2} \text{ mod.})$	$(x = \frac{1d}{12})$	"	4	8	8
"	2^d	$(x = \frac{1d}{12})$	"	4	4	"
"	1^d	$(x = \frac{1d}{12})$	"	4	4	"
"	"	"	$3\frac{d}{2} = (1 \text{ MOD.})$	2	"	2
$\frac{3d}{2}$	$(x = \frac{1d}{12})$	$(x = \frac{1d}{12})$	"	8	16	"
2^d	$(x = \frac{1d}{12})$	$(x = \frac{1d}{2})$	"	4	8	"
"	$1\frac{d}{2}$	"	"	4	"	"
$\frac{3d}{2}$	$(x = \frac{1d}{12})$	"	"	4	4	"
$1\frac{d}{4}$	$\frac{3d}{2}$	$(x = \frac{1d}{12})$	"	8	4	"
10^d	$2\frac{d}{2}$	$(x = \frac{1d}{12})$	"	8	4	"
"	"	$(x = \frac{1d}{12} = \frac{1}{40} \text{ mod.})$	"	"	1	1
"	"	"	$(2\frac{d}{2})$	"	4	"
				65	134	25

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.	66
326.	Distance des centres des ovales des cadres-ressorts.	"
327.	Intervalle entre les deux ovales d'un cadre-ressort.	"
328 a.	Intervalle entre l'ovale et l'étrier adjacent.	"
	Distance entre les étriers d'un cadre, de dehors en dehors.	"
328 b.	Distance du centre de la gorge au plan externe de l'étrier.	"
328 c.	Hauteur externe des brides d'attache des étriers.	"
329 a.	Diamètre de la gorge d'appui du battant.	"
329 β.	Hauteur du corps cylindrique des chapes.	"
329 γ.	Hauteur de la partie sphérique.	"
329 δ.	Hauteur de la gorge adjacente.	"
329.	Hauteur totale de la chape.	"
	Hauteur totale, chape et crapaudines réunies (pivot).	"
330.	Distance du bord de la crapaudine à l'axe du bras.	"
	Hauteur totale du pivot en contre-haut de l'axe du bras.	"
325, 326, 330.	Distance de pivot à pivot entre les cadres symétriques.	"
333, 389.	Distance du pivot en avant de l'axe de l'échelette.	"
§ IV. CAGE (Χειροσ. n° 306, p. 137 à 146).		
1° Dimensions données par le texte.		
306 α, 349.	Arcade ou cage. Longueur entre les échancrures du toit.	1
306 α, 349.	Voûte centrale. Ouverture.	1
306 β, 359.	Longueur de l'index des mains.	2
	Longueur du pouce des mains.	2
306 β, 358.	Intervalle du pouce à l'index (largeur de l'échancrure).	"
306 β, 351, 359.	Épaisseur de la voûte, du toit et des mains.	"
	Échelette. { Longeron d'avant.	1
	{ Longeron d'arrière.	1
306 γ, 334.	Largeur des longerons { en leur milieu.	"
	{ au droit des sabots.	"
306 δ, 334.	Écartement des longerons.	"
306 γ.	Sabots. Épaisseur verticale.	4
306 δ.	Portique ou cage. Nombre des compartiments égaux.	3
306 ε, 336.	Entretoise ou traverse de l'échelette dans la coulisse.	1
306 ε, 352, 357.	Colonnettes.	4
	A reporter.	86

DIMENSIONS PARTIELLES.

NOMBRE TOTAL
DES DIMENSIONS.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				65	134	25
"	"	"	(28 ^d = 8 mod.)	"	4	4
"	"	"	(8 ^d $\frac{1}{2}$)	"	4	"
"	"	"	(1 ^d)	"	4	"
"	"	"	(7 ^d = 2 mod.)	"	2	2
"	"	"	(3 ^d $\frac{1}{2}$ = 1 mod.)	"	2	2
($\frac{5^d}{6}$)	"	"	"	"	8	"
"	(1 ^d $\frac{3}{4}$ = $\frac{1}{2}$ mod.)	"	"	"	2	2
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	(2 ^d)	"	"	"	4	"
"	(3 ^d $\frac{1}{4}$)	"	"	"	4	"
"	"	"	(1 ^d)	"	4	"
(3 ^d $\frac{1}{2}$ = 1 mod.)	"	"	"	"	4	4
"	"	"	(23 ^d $\frac{1}{2}$)	"	1	"
"	"	"	(1 ^d $\frac{1}{2}$)	"	2	"
23 ^d $\frac{1}{2}$	"	(y = 1 ^d)	"	1	1	"
"	5 ^d	(y = 1 ^d)	"	1	1	"
4 ^d	"	(y = 1 ^d)	"	2	2	"
2 ^d	"	(y = 1 ^d)	"	2	2	"
"	"	"	3 ^d $\frac{1}{2}$ = (1 MOD.)	2	"	2
"	"	(y = 1 ^d)	"	"	1	"
26 ^d	"	(z = 1 ^d)	"	1	1	"
24 ^d	"	(z = 1 ^d)	"	1	"	"
"	2 ^d	"	"	2	"	"
"	1 ^d $\frac{1}{4}$	"	"	2	"	"
"	"	"	3 ^d	1	"	"
"	"	2 ^d	"	4	"	"
"	"	"	"	1	"	"
3 ^d	2 ^d $\frac{1}{2}$	"	"	2	"	"
10 ^d	1 ^d	"	"	8	"	"
				95	199	41

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.....	86
306 η , 345.....	{ Gril ou côtes arquées.....	4
	{ Intervalle entre les côtes arquées.....	"
(Fig. 35, 36, 37, 38, 39 et 4b.)	2° Dimensions déduites de la Synthèse.	
312 d, 334, 336.....	Largeur totale de l'échelette.....	"
335.....	Épaisseur z des longerons et de l'entretoise.....	"
336.....	Tenons de l'entretoise.....	2
337.....	Section transversale des sabots.....	"
339.....	{ Longueur du sabot d'arrière.....	"
	{ Longueur du sabot d'avant.....	"
340 b.....	Intervalle entre les sabots.....	"
341.....	Longueur externe de la cage de dehors en dehors des cadres.....	"
343, 345.....	Entailles des sabots recevant le pied des cadres.....	"
345.....	Épaisseur u des côtes arquées du gril.....	"
348.....	{ Rayon externe de la grande côte.....	"
	{ Rayon externe de la petite côte.....	"
	{ Différence des rayons moyens des deux côtes.....	"
349.....	Distances des deux traverses longitudinales du gril.....	"
350, 359.....	Épaisseur y de la voûte centrale.....	"
350.....	Extrados. { Diamètre aux naissances.....	"
	{ Montée.....	"
351, 359.....	Épaisseur y du toit et des mains.....	"
353.....	Hauteur externe du toit en contre-haut du gril.....	"
353.....	Dimensions générales de la cage.....	"
354, 365.....	Longueur totale de la chirobaliste.....	"
355.....	Hauteur de plan balistique { en contre-haut de l'échelette.....	"
	{ en contre-haut du gril.....	"
	{ en contre-bas du toit.....	"
356.....	{ Chapiteau des colonnettes.....	"
	{ Distance du chapiteau au plan balistique.....	"
	{ Intervalle en élévation entre les colonnettes.....	"
	{ Tourillons d'assemblage des colonnettes.....	"
357.....	{ Intervalle entre les colonnettes extrêmes.....	"
	{ Entr'axe des colonnettes extrêmes.....	"
360.....	Longueur de la voûte (sur l'axe du tiroir).....	"
	A reporter.....	92

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
13^d	1^d	$(u = \frac{1}{12}^d)$	"	95	199	41
"	"	"	$2^d \frac{1}{2}$	8	4	"
"	"	"	"	1	"	"
"	$(7^d = 2 \text{ mod.})$	"	"	"	1	1
"	"	$(z = 1^d)$	"	"	1	"
(2^d)	(2^d)	$(\frac{1}{2}^d)$	"	"	6	"
"	(2^d)	(2^d)	"	"	8	"
$(2^d \frac{1}{4} \text{ et } 2^d \frac{3}{4})$	"	"	"	"	4	"
$(3^d \frac{1}{4} \text{ et } 3^d \frac{3}{4})$	"	"	"	"	4	"
"	"	"	$(2^d \frac{1}{2})$	"	1	"
$(31^d \frac{1}{2} = 9 \text{ mod.})$	"	"	"	"	1	1
$(1^d \frac{2}{3})$	$(\frac{2}{3}^d)$	$(\frac{1}{2}^d)$	"	"	12	"
"	"	$(u = \frac{1}{2}^d)$	"	"	4	"
$(13^d \frac{1}{2})$	"	"	"	"	1	"
(10^d)	"	"	"	"	1	"
$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$	"	"	"	"	1	1
"	"	"	(10^d)	"	1	"
"	"	$(y = 1^d)$	"	"	1	"
"	$(7^d = 2 \text{ mod.})$	"	"	"	1	1
"	$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$	"	"	"	1	1
"	"	$(y = 1^d)$	"	"	1	"
$(10^d \frac{1}{2} = 3 \text{ mod.})$	"	"	"	"	1	1
$(28^d = 8 \text{ mod.})$	$(7 = 2 \text{ mod.})$	$(14^d = 4 \text{ mod.})$	"	"	3	3
$(56^d = 16 \text{ mod.})$	"	"	"	"	1	1
"	"	"	$(5^d \frac{1}{2})$	"	1	"
"	"	"	$(5^d \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \text{ mod.})$	"	1	1
"	"	"	$(5^d \frac{3}{4} = \frac{1}{2} \text{ mod.})$	"	1	1
"	"	"	"	"	8	"
(2^d)	$(\frac{3}{4}^d)$	"	$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$	"	4	4
"	"	"	$(7^d = 2 \text{ mod.})$	"	3	3
"	"	"	"	"	16	"
(1^d)	$(\frac{2}{3}^d)$	"	(23^d)	"	1	"
"	"	"	(24^d)	"	1	"
"	"	"	"	"	1	1
$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$	"	"	"	"	1	1
				104	295	61

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de PIÈCES ou parties semblables.
	Report.....	92
	§ V. BATTANTS (Χειροβ. n° 307, p. 146 à 149).	
(Fig. 27 et 28.)	1° Dimensions données par le texte.	
307 α.....	Pommeaux ou talons conoïdes. Longueur.....	2
	Épaisseur de base.....	2
307 β, 387.....	Épaisseur près des pivots.....	2
	Saillie des crochets à l'extrémité des broches.....	2
(Fig. 45 et 47.)	2° Dimensions déduites de la Synthèse.	
385.....	Diamètre des pommeaux de base.....	"
	Diamètre du collet adjacent au pivot.....	"
	Diamètre et saillie des pivots.....	"
	Broches. Longueur totale (encastrement compris).....	2
387.....	Revers du crochet extrême.....	"
	Longueur de la broche (non compris le crochet).....	"
	Longueur totale du pommeau conoïde.....	"
	Longueur de la portion visible de la broche.....	"
388.....	Diamètre de la broche { au droit du pivot, partie visible.....	"
	{ au droit du pivot, partie encastrée.....	"
	{ au droit du crochet extrême.....	"
	TOTAUX.....	102

En résumé :

La chirobaliste est composée de 102 pièces ou parties, de formes distinctes.

Le nombre des dimensions fournies directement par le texte est de... 112

Le nombre des dimensions déduites de la Synthèse est de... 319

ENSEMBLE..... 431

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				104	295	61
$3^d \frac{1}{4}$	"	"	"	2	"	"
"	1^d	"	"	2	"	"
"	$\frac{1^d}{2}$	"	"	2	"	"
$\frac{1^d}{2}$	"	"	"	2	"	"
"	$(1^d \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \text{ mod.})$	"	"	"	2	2
"	(1^d)	"	"	"	2	"
$(\frac{1^d}{2})$	$(\frac{1^d}{2})$	"	"	"	4	"
(11^d)	"	"	"	"	2	"
"	$(\frac{1^d}{2})$	"	"	"	2	"
$(10^d \frac{1}{2} = 3 \text{ mod.})$	"	"	"	"	2	2
$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$	"	"	"	"	2	2
$(7^d = 2 \text{ mod.})$	"	"	"	"	2	2
"	$(\frac{1^d}{2})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{1^d}{2})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{1^d}{4})$	"	"	"	2	"
				112	319	69

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Et les 431 dimensions ci-dessus en comprennent 69, soit *un sixième*, exprimées en modules ou fractions simples de module, dont 8 résultent directement du texte grec, ainsi qu'on peut le vérifier en comptant, parmi les dimensions partielles (colonne 4, 5, 6 et 7), celles qui se trouvent entre parenthèses, en regard d'un nombre de la colonne 8.

NOTES.

PREMIÈRE PARTIE.

¹ Paris, *ex. typ. reg.* 1693, in-f°, p. 121 à 144.

² Paris, Imprimerie impériale, 1867, in-4°.

³ *La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie*, traduite du grec en collaboration avec M. Vincent, etc. Paris, juillet 1862, grand in-8° avec figures.

⁴ *La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie*, restitution et traduction. Paris, 1866, petit in-8°.

⁵ Une réédition de ce traité, revue et complétée sur les manuscrits connus, serait d'un grand secours pour la restitution définitive des machines de jet antiques. Moitié des textes de la *Poliorkétique des Grecs*, de M. Wescher, n'ont pas, à beaucoup près, l'importance technique des livres IV et V de Philon de Byzance, le premier sur les *Armes de jet*, le second sur la *Fortification* et sur la *Défense des places*.

⁶ Voir *Nouv. biogr. univ. de M. Hœfer*, art. BALDI.

⁷ *De Adm. Imp.* (Leyde, 1611, in-8°). Ch. 53 : *De Castris Chersonis hist.*, p. 203 : Ἐτεκμήραντο τοῦ Φυγεῖν, μὴ προσδέξαντες τὰς ἐν τοῖς ἄρμασι κατασκευασμένας Χειροβολίστρας. — *Id. ibid.* p. 204 : Οἱ δὲ Χερσονῖται ἡμέρα Φησί φεύγοντες ταῖς Χειροβολίστραῖς τοὺς διώκοντας ἀνῆλiskon Βοσποριανούς. — *Id. ibid.* p. 209 : Πάση σπουδῇ κατασκευάσαντες τάτε πολεμικὰ ἄρματα καὶ τὰς Χειροβολίστρας, καταλαμβάνουσι τὸν Ἰστρον ποταμόν.

⁸ *De Adm. Imp.* p. 203 : Κατασκευάσαντες ἄρματα πολεμικὰ καὶ ἐνθέντες ἐν αὐτοῖς τὰς λεγομένας Βολίστρας. — *Id. ibid.* p. 210 : Πρὸς δὲ τούτοις καὶ παρέχόμεν ὑμῖν καθ' ἑκάστον ἔτος νεῦρόν τε καὶ κἀναβον, σιδηρόν τε καὶ ἐλαῖον, ὑπὲρ κατασκευῆς τῶν Βολιστρῶν ὑμῶν.

⁹ *De Cærim.* p. 673, 1, 3; 676, 17.

¹⁰ Théoph. a. 1. *Artemii* : Κτίσας τοξοβολίστρας.

¹¹ *Leo Tact.* c. v, vii : Ἀμάξας ἐχούσας τοξοβολίστρας. — *Ibid.* c. vi, xxvii : Τοξοβολίστρας καὶ σαγίτας αὐτῶν.

¹² *Voy. Biogr. univ. Michaud*, art. VÉGÈCE.

¹³ *De re milit.* III, xiv : « In quinta acie ponebantur interdum carrobalistæ, manubalistarii, fundibulatores, funditores. Fundibulatores sunt qui fustibalis lapides jaciunt. » — *Ibid.* II, xv : « Erant item sagittarii cum cassidibus. Erant tragularii qui ad manubalistas VEL arcubalistas dirigebant sagittas. — *Ibid.* IV, xxi : « Admotis turribus, funditores lapidibus, sagittarii jaculis, manubalistarii VEL arcubalistarii sagittis, jaculatores plumbatis ac missilibus e muris submovent hostes. »

¹⁴ Végèce, *op. cit.* IV, xxii : « Fustibalos, arcubalistas et fundas describere superfluum puto, quæ presens usus agnoscit. »

¹⁵ *Id. ibid.* IV, xxii : « Balista funibus, nervis chordisque tenditur; quæ quanto prolixiora brachiola habuerit, hoc est quanto major fuerit, tanto spicula longius mittit. Onager dirigit lapides et saxorum pondera jaculatur. *Scorpiones* dicebant quas nunc *manubalistas* vocant; ideo sic nuncupati, quod *parvis subtilibusque spiculis* mortem inferunt. » *Spiculum* signifie proprement la *pointe du dard*, témoin Amm. Marc. *Rer. gest.* XXV, 1 : « Sagittarii divaricatis brachiis flexiles tendebant arcus, ut nervi mammas perstringerent dextras, spicula sinistris manibus cohærent. » Le même, *ibid.* XXIII, 111 : « Sagittam ligneam spiculo conglutinatam... »

¹⁶ Végèce, *op. cit.* III, xxv : « Carrobalistas aliquanto majores superpositas curribus cum binis equis aut mulis post aciem ordinari convenit, ne cum sub jactum teli advenierint bestię sagittis balistariorum transfigantur. »

¹⁷ Végèce, *op. cit.* IV, ix : « Onagri vel balistæ cæteraque tormenta nisi funibus nervinis intenta nil prosunt. » Voir également plus haut, note 15.

¹⁸ Végèce range les *scorpions* ou *manubalistes* à côté des *archers* ou *sagittaires*. Dans l'antique zodiaque, le signe du *scorpion* est adjacent à celui de l'*archer*. Peut-être se mêla-t-il un peu d'astrologie dans les raisons qui firent nommer *scorpion*, à l'origine, un engin destiné à renforcer les *archers* sur le champ de bataille. Manilius appelle le *scorpion Martis sidus*.

¹⁹ Amm. Marc. *Rer. gest.* XXIII, iv : « *Scorpionis* autem, quem adpellant nunc *onagrum*, hujusmodi forma est, etc. » *Id. ibid.* : « *Scorpio* autem (adpellatur) quoniam aculeum desuper habet erectum; cui etiam *onagri* vocabulum indidit ætas novella, ea re quod asini feri, cum venantibus agitantur, ita eminus lapides post terga calcitrando emittunt. »

²⁰ Polybe, *Hist.* VIII, vii : « Ἐως ἀνδρομήκους ὕψους κατεπύκνωσε τρήμασι τὸ τεῖχος, ὡς παλαιστίοις τὸ μέγεθος, κατὰ τὴν ἐκτὸς ἐπιφανείαν· οἷς τοξότας καὶ σκορπίδια παραστήσας ἐντὸς τοῦ τεύχους, καὶ βάλλων διὰ τούτων ἀχρήστους ἐποίησε τοὺς ἐπιβάτας. » Remarquons en passant que Polybe applique le terme βάλλων au *jet des flèches*, lancées par les *archers* et par les *scorpions*. Au surplus βέλος se dit d'un projectile *aigu* ou *rond*, à volonté.

²¹ Plut. *Vit. Marcelli*, c. xv : « Οἱ σκορπίοι βραχύτονοι μὲν, ἐγγύθεν δὲ πλῆξει παραστήκασαν ἄροατοι τοῖς πολεμίοις. » De même Vitruve, *De arch.* X, x (Schneider), vulgo 15 : « *Brachii brevitatis fucit plagam vehementiorem.* » De même Végèce, IV, xxii : « Balista... quanto prolixiora brachiola habuerit, tanto spicula longius emittit. » Voir également Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 53, l. 35) : « Τὰ δὲ βραχυτονώτερα δυσκατάγωγά τε εἶναι καὶ μὴ λαν μακροβολεῖν. » Nous reviendrons sur l'explication technique de ces divers témoignages.

²² Tite-Live, XXVI, xlvii : « *Scorpionum majorum minorumque...* ingens numerus. » *Ibid.* : « *Scorpiones majores ad lx*, si auctorem græcum sequar Silenum; si Valerium Antiatem, *majorum scorpionum sex millia, minorum tredecim millia.* »

²³ Macchab. I, c. vi, v. 51 : « Καὶ ἐσήσεν ἐκεῖ βελοσίσεις καὶ μηχανὰς καὶ πυροβόλα »

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καὶ λιθοβόλα καὶ σκορπίδια εἰς τὸ βάλλεσθαι βέλη καὶ σφενδόνας. » On voit que le πυροβόλον, machine incendiaire, est d'une haute antiquité. M. Wescher (*Poliorcét. Introd.* p. XXI; et p. 262) traduit ce mot, dans Héron de Byzance (x^e siècle), par *arme à feu*. Dans notre langue, *arme à feu* se dit de celles où le feu engendre la force balistique, tandis que, dans dans le πυροβόλον antique ou byzantin, le feu s'applique au projectile même. *Arme à feu* se dirait plutôt πυρότονον. Les Grecs modernes appellent un canon πυροβόλον; mais cela ne prouve point que le passage d'Héron le jeune, commenté par M. Wescher, concerne une *arme à feu*. Il s'agit, au contraire, de *feu jeté presque à bout portant*, au moment de l'assaut d'une place forte : « Des engins portatifs, propres à lancer du feu, permettent aux assaillants d'atteindre et de brûler au visage leurs adversaires : μετὰ σίρεπλῶν ἐγχειριδίων πυροβόλων κατὰ πρόσωπον τῶν πολεμίων διὰ πυρὸς ἀκοντίζουσι. » A si faible distance, une *arme à feu* véritable eût dispensé de viser l'ennemi à la face.

²⁹ Wescher (*Poliorcét.* p. 74) : Τὰ δὲ εὐθύτονα τινες καὶ σκόρπιους καλοῦσιν, ἀπὸ τῆς περὶ τὸ σχῆμα ὁμοιότητος.

³⁰ Just. Lips. (*Poliorcét.* lib. III, dial. IV) : « Longius scorpio catapulta se concitat. » On pourrait donner à ce passage la signification inverse, en prenant scorpio pour l'ablatif de scorpius. Mais, en latin, scorpius ne se dit jamais d'une arme de guerre.

³¹ César, *Bell. gall.* VII, XXV : « Quidam ante oppidi portam Gallus, scorpione ab latere dextro trajectus exanimatusque concidit. » Hirtius, *Bell. afric.* XXI : « Scorpione accuratius misso, atque eorum decurione percusso et ad terram defixo, reliqui perterriti fuga se in castra recipiunt. »

³² *De arch.* [Schneider, X, I (vulgo 15), p. 290-292].

³³ *De arch.* X, I, p. 269.

³⁴ Voir plus loin le *Parallèle entre les καμῆσῆρια et les anisocycles*, n^o 281 à 302.

³⁵ *Quæst. nat.* II, XVI : « Nam balistæ quoque et scorpiones tela cum sonitu expellunt. »

³⁶ *De scorpio* : « Hamatile spiculum in summo tormenti ratione stringit, unde et bellicam machinam retractu tela vegetantem de scorpio nominant. Id spiculum et fistula est, patula tenuitate in vulnus et virus qua figit, effundit. » Juste-Lipse, commentant ce passage (*Poliorc.* lib. III, IV) ajoute : « Significat clare et mucronem et ad eum canaliculum fuisse, qui infunderet venenum. Alii non dicunt. » Mais il perd de vue que Tertullien ne parle que de l'insecte *scorpion*, dont il désigne d'abord l'aiguillon, *hamatile spiculum*, en rappelant l'analogie de fonction de ce dard avec l'engin de guerre appelé *scorpion*. Puis il revient au dard de l'insecte, *id spiculum et fistula est*. Évidemment, *id* se rapporte à *hamatile spiculum* et non à *scorpius*. L'analogie cherchée par Juste-Lipse est donc inadmissible. Toutefois l'expression *retractu tela vegetantem* classe le *scorpion* mentionné par Tertullien dans la catégorie des πάλιντονα, ainsi qu'on le verra plus loin.

³⁷ Voir *Synthèse de la Chirobaliste*, n^o 308 et suiv.

³⁸ Héron d'Al. Βελοποιικά (Wescher, *Poliorcét.* p. 78) : « Καὶ μετὰ ταῦτα διωθὲν ἄκρον τῆς διώσῆρας εἰς τὸ ἐξω μέρος ἀντήρειδον τοίχῳ τινὶ ἢ τῷ ἐδάφει, ἐπήρειδον τὴν γαστέρα ἐπὶ τοῦ κοιλάσματος, καὶ βιαζόμενοι τῷ ὅλῳ σώματι διώθουν τὴν διώσῆραν, καὶ κατῆγον τὴν τοξίτην νευράν. »

³⁹ Eutocius, *In Archim.* (Bâle, 1544, in-8°, Hervag.), *De sphaera et cylindro*, II, p. 21 :

« Γράφεται δὲ ἡ παραβολὴ διὰ τοῦ εὐρηθέντος διαβήτου τῷ Μιλησίῳ μηχανικῷ Ἰσιδώρῳ τῷ ἡμετέρῳ διδασκάλῳ· γράφεται δὲ ὑπ' αὐτοῦ εἰς τὸ γεγόμενον αὐτῷ ὑπόμνημα τῶν Ἡρώωνος Καμαρικῶν : La parabole se décrit au moyen du compas inventé par Isidore, ingénieur de Milet, mon maître, à l'intention de son commentaire sur le *Tracté des voûtes* d'Héron. »

³⁵ Voir mon premier opuscule (*Chirobaliste*, Paris 1862, grand in-8°), p. 28, note; et p. 29, fin. C'est sur la simple lecture d'un passage de M. Henri Martin (de Rennes), que je suggérerai à M. Vincent cette interprétation. On trouvera plus loin (n° 64-71) le passage de M. H. Martin rappelé ci-dessus.

³⁶ Dans l'*Introduction* à sa traduction (italienne) des *Automates* d'Héron (Venise, 1589, in-4°) fol. 14 : « Fece ancor altre opere intitolate Camariche, Cambestrie, sopra le quali fece commentarj Isidoro Milesio; de' quali Camarici e Cambestri si trova menzione nella Belopija, cioè in quel che diciamo delle baliste e de' tormenti da lanciar dardi. »

³⁷ Voir *Heronis. Alex. vita*, par Baldi, en tête de l'édition d'Augsbourg, p. 71 : « Scripsit præterea quædam, ex Eutocii in Archimede testimonio, de Camaricis, quæ Isidorus Milesius, nobilis mathematicus et ipsius Eutocii præceptor, commentationibus adaucta illustravit. Harum machinarum descriptionem quamdam habemus in calce libri Belopæcon. »

³⁸ Voir *Heronis. Alex. vita* par Baldi, en tête de l'édition d'Augsbourg, p. 71. L'erreur de Baldi, au sujet de la pluralité des engins de la *Χειροβαλλίστρα*, est d'autant plus singulière, que les paragraphes concernant les divers objets réunis sous ce titre sont tous liés entre eux d'une manière frappante. Le § 2 (*Batterie*) contient deux renvois formels au § 1^{er}. Le § 3 (*Ressorts*) commence ainsi : Κατεσκευάσθωσαν δὲ καὶ τὰ καλούμενα Καμβέστρια. Le § 4 (*Cage*) : Γεγονέτω δὲ καὶ τὸ καλούμενον Καμάριον. Enfin, le § 5 (*Conoïdes*) : Πεποιηθῶσαν δὲ καὶ κωνοειδῆ δύο. A la vérité, l'auteur grec désigne ces paragraphes par le mot *ἑωρήματα*, qui semble les rendre indépendants les uns des autres, par le fond sinon par la forme.

³⁹ En effet Héron renvoie du texte aux figures toutes les fois qu'il s'agit de formes dont l'œil seul peut bien saisir l'idée. De la manette du tiroir, des ressorts, de l'arcade, il dit scrupuleusement : Τῷ σχήματι οἷα ὑπογέγραπται.

⁴⁰ *Her. Alex. vit.* p. 71 (72), 72 (73).

⁴¹ Just. Lips. *Poliorecticōn, sive de machinis, tormentis, telis lib. quinque* (Anvers, 1625, petit in-4°).

⁴² *De re milit. Rom.* (Leyde, 1657, in-4°), p. 222 : « Circa sæculum Constantini (306-337) aut paulo ante videntur (manubalistarii vel arcubalistarii) in militiam recepti : græci Χειροβαλλίστρας vocant. In Burgundiæ nostræ agro Alexiensi prope Arnetum receptæ sunt haud ita pridem duæ iconculæ sive sigilla argentea, unum militis quasi legionarii, pari certe habitu veterani et hujusmodi arcubalistam ad pedem tendere conantis. »

⁴³ *Comment. de Bibliot. Cæsar. Vindob* (Vienne, 1675, grand in-f°), t. VII, p. 294 et suiv. : « In cod. Vindob. CX : Tertio et quidem a f° 59, p. 1, usque ad f° 61, p. 2. Ejusdem Heronis Alexandrini manuballistræ constructio et symmetria, etc. Edidit hoc Heronis fragmentum Bern. Baldus Urbinates, cum supra memoratis ejusdem Heronis Be-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

« Iopoeiticis, p. 64, 65, 66, sed tantum græce. Quarto: Et quidem a f° 61, p. 2, usque ad f° 63, p. 1, ejusdem Heronis Alex. *fragmenta duo* de *Campestribus* et *Camario*, machinis bellicis ita dictis; quorum *primum* incipit his verbis: *Κατασκευάσθωσαν . . . μήκος έχοντα δακτύλους ις* (είκοσι Baldus) *κτλ.* alterum autem: *Γέγνε δὲ τὸ καλούμενον Καμάριον κτλ.* Edidit quidem hoc etiam Heronis *fragmenta* græce Bern. Baldus, cum supra memoratis Belopoeiticis, sed non mediocriter diverse.

⁴⁴ *Gloss. med. et infim. græcit.* — Voir les mots cités.

⁴⁵ *Hist. XXI*: « Falarica erat Saguntinis missile telum, hastili oblongo et cetera tereti præterquam ad extremum, unde ferrum exstabat. Id sicut in pilo quadratum stupa circumligabant linebantque pice. Ferrum autem tres in longum pedes habebat, ut cum armis corpus transfigere posset. » Silius, à propos de Sagonte, dit également :

Armavit clausos ac portis arcuit hostem
Librari multa consueta falarica dextra.

⁴⁶ *Breviar. ac suppl. comment. Lambec.* (Vienne, 1690, in-f°), p. 65: « Heronis Alexandrini I sive senioris *Constructio et symmetria Manuballistræ*, cum duplici appendice de *Campestribus* et *Camario*, extat part. 4, p. 18, n° 3. Cum appendice de *Manuballistræ* constructione et *fragmentis duobus de Campestribus et Camario* extant, p. 73, n° 1; Ejusdem *constructio et symmetria Manuballistræ*, n° 3; Ejusdem *fragmenta duo de Campestribus et Camario*, n° 4. »

⁴⁷ Voir plus haut, note 2.

⁴⁸ *Testim. auct. de Tacticis (Math. vet. Introd.)*, p. XII. Ex Baldo in *Heronis Belop. schol.* « Libellum hunc Heronis esse inde evincitur, quod in appendice ejus ad finem, ubi de *chiroballistris*, ita habet inscriptio τοῦ αὐτοῦ Ἡρώνος, ejusdem Heronis. » Voir *ibid.* p. 331, et Baldi, *Βελοποικία* (Augsbourg, 1616), p. 44.

⁴⁹ Meister (1724-1788), professeur d'art militaire à l'université de Göttingue, a laissé de nombreux mémoires, la plupart en latin, sur la science antique. Ses conjectures sur la chirobaliste sont consignées dans l'opuscule intitulé: Alb. Lud. Frider. Meisteri, *De catapulta polybola commentatio*, Göttingæ, 1768, petit in-4°.

⁵⁰ P. 73 à 77.

⁵¹ *Op. cit. préf.* p. 7. *Architectus*, chez les Latins, c'est l'ingénieur. Chez les Grecs, ingénieur se désigne encore aujourd'hui par *Μηχανικός*. Voir Poliorcét. (Wescher), *Notes sur les manuscrits*, p. IX.

⁵² L'auteur de la traduction latine de la *Χειροβαλλίστρα* dans les *Math. vet.* Voir d'ailleurs Lambécus (*op. cit. sup.* not. 43), et Nessel (*op. cit. sup.* not. 46), auteurs de l'interprétation adoptée plus tard par Thévenot.

⁵³ Meist. *op. cit.* p. 19.

⁵⁴ P. 67 à 73.

⁵⁵ Voir *Math. vet.* p. 70, l. 4. C'était du bronze à trois pour cent d'étain: *Εἰθ' οὕτως εἰς τὴν μνᾶν (χαλκοῦ) μιχθέντος κασσιντέρου ὀκτὴς δραχμαὶ τρεῖς*, κτλ.

⁵⁶ Meist. *op. cit.* p. 18, juge ainsi la description de Philon: « Ita chalcotonum ortum

« fuit, quod Philo subobscurè quanquam satis verbosè descripsit; intérpres [Thevenot] aliquanto etiam obscurius. »

⁵⁷ Meist. *op. cit.* p. 17-18 : « Ceterum æneæ chalcotoni laminæ non arcus lignei instar adhibebantur, sed eo fere modo quo in *claustris forium, repagulis seu schasteriis declinandis et relevandis elaterem aliquem chalybeum duplicem seu complicatum subjicere solemus.* »

⁵⁸ Voir mon opuscule sur la *Chirob.* Paris, 1862, in-8°, p. 29.

⁵⁹ Meist. *op. cit.* p. 20.

⁶⁰ *Math. vet.* p. 111-114; Wescher, *Poliorect.* p. 61-68 (avec figures).

⁶¹ Voir *op. cit. not.* 4. Dans l'introduction : « Quoi qu'il en soit, dit M. Vincent, le titre du traité de la *Chirobaliste* ou *Baliste à main*, indique suffisamment une arme *portative*, destinée *avant tout* à lancer des *masses*, telles que *pierres, balles* ou *légers boulets* comparables à nos *biscaiens*, etc. » M. Vincent ne tenait, on le voit, aucun compte de la tradition historique qui assigne, comme je l'ai montré plus haut, un *projectile aigu* à la *Chirobaliste*.

⁶² Meist. *op. cit.* p. 28.

⁶³ Voir plus haut, note 15.

⁶⁴ Voir plus haut, note 14.

⁶⁵ Leipzig, in-4°, t. IV, p. 236 : « Fragmenta duo de *Campestribus* et *Camario*, machinis bellicis, edita quidem sunt a Bernard. Baldo, cum Belopoeticis; sed in cod. cx non mediocriter diverse leguntur, observante Lambecio, VII, p. 418. Extant quoque in Vindob. CXIII et in aliis codd. *Harles.* »

⁶⁶ Paris-Genève, 1840, in-4°, p. 14.

⁶⁷ *De re milit.* II, xv : « Manubalistas vel arcubalistas. » *Ibid.* IV, xxi : « Manubalistarii vel arcubalistarii. »

⁶⁸ Griechische Kriegsschriftsteller, Leipzig, 1853, in-8°, t. I, *Einleitung zu Heron und Philon*, p. 199 : « Er (Heron) hat autzer der hier gelieferten Schrift noch mehrere an über Gegenstände der Naturkunde und Mechanik geschrieben, darunter auch eine über die Construction der Handballiste (*χειροβαλλιστρα*, manuballista), deren Verständniss uns aber bis jest verschlossen geblieben ist, das wir folglich auch dem Publicum nicht vorlegen konnten. »

⁶⁹ Voir *Collection des Mém. présentés à l'Acad. des insc. et belles-lettres*, Paris, 1854, t. IV, p. 37-40.

⁷⁰ M. H. Martin écrit *χειροβαλλιστρα*. Pourtant une note de lui, reproduite par feu M. Vincent (*Chirob.* 1866) p. 29, observe que *βαλλιστρα* vient de *βάλλω*, jeter, et peut-être même de *βαλλίζω*, sauter. J'adopterais plus volontiers cette seconde explication, qui rappelle le *retractu tela vegetantem* de Tertullien (voir plus haut, note 31), le *jet par ruade* ou à *reculons*, caractéristique des *παλιντονα*, auxquels appartiennent la *χειροβαλλιστρα* et son ancêtre le *scorpion*. Dans la même note, M. Martin paraît tenir à voir dans le *καμάριον* un *appareil de balistique*. Je reviendrai, à l'occasion des *καμβέστρια*, sur les autres parties de cette note.

⁷¹ Dans une note en renvoi : « Depuis la rédaction de ce passage de mon *Mémoire*, ajoute le savant professeur, M. Vincent m'a communiqué une interprétation assez plau-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« sible de Meister, d'après laquelle le mot *καμβέστρια*, étant dérivé de *κάμπειν*, les « *καμβέστρια*, ainsi nommés *a curvatura sua*, seraient analogues aux *χαλκότονοι* décrits « par Philon de Byzance, p. 67-73 de Thévenot. En outre, Meister paraît vouloir que « les *καμβέστρια* fassent partie de la *χειροβαλλίστρια*. *Καμάριον* signifie *voûte*; mais l'auteur « décrit sous ce nom une petite machine. »

⁷² MM. T. H. Martin et Vincent (*Chir.* p. 10) attachent une grande importance à ce manuscrit (*olim* 110, *nunc* 140) de Vienne, importance bien amoindrie par celle du ms. (IX^e siècle) de Mynas (*cod. Par. supp. græc.* 607) et du manuscrit de Vienne (*olim* 113, *nunc* 120) copié sur un texte de même origine et non moins ancien que celui de Mynas, mais assez différent. En 1863, avant que l'Empereur eût fait don du manuscrit de Mynas à la Bibliothèque impériale, j'avais fait venir de Vienne une copie du manuscrit 110, dont les variantes et les figures m'ont été très-utiles.

⁷³ Baldi n'a point hasardé un pareil titre (voir plus haut, notes 36, 37 et 40). Au surplus, voici sa déclaration textuelle, p. 71 (72) 72 (73) : « Cetera vero commentariola, « in quibus *χειροβαλλίστριας κατασκευὴν καὶ συμμετρίαν*, hoc est *manuballistræ commen-* « *sum et constructionem* docet, item illa in quibus de *cambestriis et camaricis*, ut dictum est, agit, *σχεδιάσματα* potius quam *justa volumina* esse appellanda arbitramur. »

⁷⁴ Voir mon opuscule intitulé *A. M. Vincent, en réponse à sa critique de l'opuscule intitulé la Chirobaliste, etc.* Paris, 1863, grand in-8°, p. 5, note 1. Il s'agissait de la traduction des *termes techniques* de la *Bélopée*, que M. Vincent rendait à l'instar du traducteur latin des *Math. vet.* (voir plus haut, p. 13, n° 45) : « Ainsi, Monsieur, écrivais-je en 1860 « à M. Vincent, j'ai proposé en marge du verso (fol. 8) les expressions suivantes : *Pa-* « *rastates, montants latéraux. Stat* éveille l'idée d'une chose qui *se tient debout, d'un mon-* « *tant; παρά, de côté, latéral. Antistates, montants de face*, pour le spectateur placé dans le « plan du tir. *Mésostates, montants intermédiaires*, variante d'*antistates. Pérित्रήτε, couronne*, « celui du haut. *Antereides, contre-fiches, etc.* » Je complétais ma communication en signalant l'étroite parenté existant, dans les diverses langues, entre la plupart des termes qui désignent des objets de fabrication usuelle. L'*analogie figurative* préside à leur formation. Il n'est pas rare qu'une *image unique* ait servi à fixer le nom d'un même objet, dans les divers idiomes. Cela tient-il aux affinités mystérieuses du langage avec la pensée? Ou bien plutôt, les arts industriels s'étant de très-bonne heure propagés à travers les peuples, à raison des besoins généraux qu'ils venaient satisfaire, ne faudrait-il point admettre que la nomenclature, créée par un peuple à l'usage d'un art de son invention, ait été simplement empruntée et traduite ultérieurement par les étrangers, cessionnaires du nouvel art? Il en arrive ainsi chaque jour, sous nos yeux, pour des inventions françaises, dont les étrangers traduisent ensuite les noms, d'après les mêmes analogies.

⁷⁵ Voir *Math. vet.* p. 77-78. Philon de Byzance décrit sans figure l'engin d'essai de Ctesibius, en des termes qui prouvent que l'expérience n'a pas réussi. J'en avais fait la remarque dans l'*appendice* (p. 36-38) de ma première édition (1862). La traduction allemande de Philon de Byzance, par MM. Köchly et Rüstow (*op. cit.* p. 312-317, voir note 68 plus haut) est inexacte en plusieurs endroits de la description de l'*ἀσπρότονον ὄργανον* de Ctesibius.

⁷⁶ Voir *op. cit.*, note 3.

⁷⁷ J'ai déjà reconnu à M. Vincent (p. 33 de ma première édition) le mérite de la priorité de cette conjecture.

⁷⁸ Ce passage sera commenté plus loin.

⁷⁹ Voir *Exum. de l'écrit. intit. la Chirob.* (Paris, 1862, petit in-8°) p. 22, note. Cet opusculé est de M. Vincent.

⁸⁰ *La Chirob. Restitut. et traduct.* par A. J. H. Vincent, etc. (Paris, 1866, petit in-8°).

⁸¹ *Op. cit.* p. 10-10 : « Ici (fig. manuscrit 140 Vienne, 110 Lambecius) *plus de doute*, » s'écrit M. Vincent, *sur le véritable caractère et la nature essentielle des conoïdes*. Les calques cités, que je reproduis dans ma première planche, en représentent clairement la char-
« pente comme formée de *feuilles métalliques repliées en manière de cônes tronqués*, suivant
« l'axe desquelles se meuvent des broches signalées dans le texte, broches terminées d'un
« côté par des crochets destinés évidemment à retenir la corde archère, et de l'autre par
« des anneaux qui, embrassant les conoïdes, peuvent glisser à frottement sur leur surface
« extérieure en les comprimant plus ou moins. Dès lors il devient évident que les *bourses*
« *de cuir*, représentées dans les manuscrits et dans l'édition de Paris, ne jouaient qu'un
« rôle *secondaire*, celui de garnir d'un *coussin flexible et élastique* la partie des conoïdes
« qu'elles enveloppaient, etc. » M. Vincent oublie de dire que la *fonction des conoïdes*,
comme *battants*, a été découverte et expliquée par son collaborateur. Ce point est fon-
damental. Selon moi, dès l'origine, les *crochets* appelaient la *corde archère*, et les *talons*
des *conoïdes* s'adaptaient aux *gorges des καμβέστρια*. Ceux-ci, *a priori*, paraissaient donc
être des *ressorts*, d'une forme particulière. Toute la solution dépendait du rôle des *co-*
noïdes. Aussi bien M. Vincent passa huit mois (avril-nov. 1861) à les considérer comme
des *réservoirs d'air comprimé*, avant d'aborder le reste du mécanisme.

⁸² Philon (*Mathematici veteres*, p. 72) reproche au système *névrotone* de s'user rapi-
dement par l'effet de la torsion. L'humidité lui est aussi fatale. Eutrope (*Epit. bell. gall.*
Paris, Marnef, 1564) p. 55, cité par M. Massiat (voir Vinc. *Chirob.* p. 43) dans un Mém.
sur la première et la septième campagne de César, confirme le fait : « Quod oppidum
« (Genabum) diu oppugnatum, tandem... *pluvio die, cum hostilium machinarum amenta*
« *nervique languerent*. . . . *captum atque deletum est*. »

⁸³ *Olymp.* IX, v. 103, 104 : « Il est prudent de taire des efforts que le ciel n'aide pas. »
(Trad. Boissonade, éd. E. Egger; Paris, 1867, in-32) p. 59.

⁸⁴ Voir plus haut, note 66.

⁸⁵ Voir *op. cit.* (plus haut, note 68) pl. V, fig. 3 à 6.

⁸⁶ P. 123 à 134.

⁸⁷ Avril 1868, p. 253.

⁸⁸ Voir *Poliore.* p. 127, l. 1 : δακτύλων Ε] ια quasi ex codd. Par. (P₄ P₅ P₆) dedit Vin-
cent. Dederat Baldus. ε habent (F, P₁ P₂ P₃ P₆ P₇). Ex Th. dederam. || *Ibid.* p. 129,
l. 10 : Α καὶ δ] Ας δ' ex Baldo et codd. Par. (P₄ P₅ P₇ P₉) correxi. || *Ibid.* p. 131, l. 12 :
δακτύλους Γ]. Ponunt omnes; δακτύλους Ι ex συμμετρία organi correxi. Quin philologie
ex confusione uncialium Γ et Ι conjici potest. || *Ibid.* p. 131, l. 12 : δακτύλους ΒC]. Po-
nunt omnes, δακτυλον ενα restitui ex συμμετρία organi. Philologie in cod. par. P₄ (2438)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δακτύλους $\overline{BC}$ pro δάκτυλον ἓνα scripsit librarius ex repetitione verborum quæ precedentem τοῦ διαπηγίου descriptionem concludunt. || *Ibid.* p. 132, l. 6 : δακτύλων $\overline{\Gamma}$. Ponunt plerique; δακτύλων $\overline{\Pi}$ ex συμμετρία restitui. Philologice ex confusione uncialium $\overline{\Gamma}$ et $\overline{\Gamma'}$ (pro $\overline{\Pi}$) conjiciendum; δάκτυλον A habet cod. Myn. Quin, *ultima hora*, *ibid.* p. 133, l. 2 : δακτύλων $\overline{IA}$ in δακτ. $\overline{\Gamma\Delta}$ vertendum philologice uti ex figura conjeci. (Cf. § V, 1, *Chirob.*, p. 146 du présent ouvrage.)

⁹⁹ M. Wescher préfère les manuscrits de Paris (Mynas) et 120 de Vienne, issus du commerce libre, à ceux de Paris et du Vatican, provenant de la recension officielle byzantine. Les deux premiers, dit-il, sont plus anciens. Pourtant certaines dimensions de la Χειροβαλλίστρα ne se lisent bien que dans les autres. Les figures des manuscrits de la série byzantine sont beaucoup plus voisines de la réalité que celles des manuscrits préférés par M. Wescher. Les musées et arsenaux grecs contemporains devaient posséder encore des modèles des engins de guerre de l'antiquité. On a vu plus haut que Constantin Porphyrogénète, parlant des Chirobalistes de Constantin I^{er}, les désigne par un néologisme, Χειροβολίστραι. C'était une sorte d'artillerie de campagne. La *Chirobaliste* d'Héron fut sans doute jugée digne de figurer à côté des Βελοποικία. La forme antique de son nom fut respectée. Χειροβαλλίστρα n'est pas plus un néologisme que δίοπτρα, διώστρα, et autres termes employés par Héron d'Alexandrie. Ce sont simplement des termes techniques. En rééditant la *Chirobaliste*, les savants byzantins du x^e siècle firent un effort évident pour rectifier les figures barbares des manuscrits plus anciens, tels que celui de Mynas, de manière à rendre l'opuscule d'Héron plus intelligible. Si l'on y joint des dimensions plus correctes, on comprendra que les manuscrits dits *secondaires* de Paris, dont M. Wescher n'a donné aucune variante, ne m'ont pas été moins utiles que les textes de Mynas et du manuscrit 120 de Vienne.

¹⁰⁰ Le tableau n'en contient que quatorze; mais au manuscrit V du Vatican sont annexées implicitement les données de deux autres manuscrits V₁ (219) et V₂ (220), recueillies par M. Wescher à la bibliothèque vaticane. Des seize manuscrits connus, onze appartiennent à la Bibliothèque nationale de Paris, deux à celle de Vienne et trois à celle du Vatican.

¹⁰¹ *Op. cit.* Introd. p. 6.

¹⁰² En effet, d'après le tableau donné plus haut, on a variantes inéd. = (2030 leçons + 965 incorrections) = 2995, soit 2 sur 3.

¹⁰³ Par suite de lacunes échappées à Baldi et à Thévenot, les 322 passages du commentaire définitif correspondent à 314 passages seulement dans Baldi, et à 321 dans Thévenot et dans ma première édition. Ainsi, au § 4 (n° 58 du commentaire) une lacune de vingt-huit mots supprime dans Baldi sept passages annotés de notre texte actuel. De même, au n° 77 suivant, une lacune de quatre mots supprime encore un passage : (322 — 8) = 314. D'un autre côté, la lacune du n° 77 précité se retrouve dans Thévenot et dans ma première édition : 322 — 1 = 321.

¹⁰⁴ Baldi : 314 — 186 = 128 passages.

¹⁰⁵ Parmi les leçons heureuses dues à Baldi, je signale les suivantes : § 1^{er}, n° 15 : [δακτύλους] restitution imprimée à la marge de l'édition *princeps*. M. Vincent l'adopte sans en indiquer l'origine; et M. Wescher loue M. Vincent de cette restitution, en ajoutant les

crochets ci-dessus au mot *δακτύλους*. — § 2, n° 7, 33 et 51 : *Δίχηνον*. Sept manuscrits donnent *δίχελον*. — *Id.* n° 39 et 52 : *κοινοῦμεν*. Plusieurs manuscrits donnent *κυνούμεν*.

⁹⁶ Les mots maintenus avec raison par Thévenot sont les suivants : § 2 : 1, *Nῦν* au lieu de *Aῦ* (Baldi). || § 3 : 9, *κάμπισθαι*, au lieu de *κάμπισται* (Baldi). — *Ibid.* 23, *χαλκοῖ κοῦφοι*, au lieu de *χαλκοῦφοι* (Baldi). || § 4 : 50, *διαπήγιον*, omis par Baldi. — *Ibid.* 52, *έχον*, omis par Baldi. — *Ibid.* 52, *τὸ* omis par Baldi. || Enfin le mot judicieusement évité par Thévenot est (§ 4, 61) *τε*, rétabli depuis par M. Wescher, qui lit *τάτε στυλάρια*, au lieu de *τὰ Δ̄ στυλάρια*, donnés par les manuscrits de Médicis, du Vatican, 140 de Vienne et par la plupart des manuscrits secondaires de Paris (P₁ P₂ P₃ P₄ P₇ P₈ P₉).

⁹⁷ Voir les passages suivants de mon commentaire : (a) § 1^{re} : 57; § 2 : 27, 57. — § 3 : 34. — § 4 : 37. — § 5 : 3, 26. || (b) § 1^{re} : 42. — § 2 : 12, 13, 19, 65, 67; — § 3 : 22. — § 4 : 33. || (g) § 2 : 73, *τὸ πιττάριον* (voir plus haut, XII g).

⁹⁸ Voir mon comment. paléogr. : (a) § 1^{re} : 62. — § 2 : 2, 21, 38, 56; § 3 : 1. — § 4 : 4, 21, 76. || (b) § 1^{re} : 21, 28, 31. — § 2 : 32, 46. — § 3 : 38, 41, 45. — § 4 : 3, 4, 7, 9, 38, 70. || (c) § 1^{re} : 18. — § 3 : 4. || (d) § 3 : 24. — § 4 : 19. || (g) § 2 : 1, *δή*.

⁹⁹ § 1^{re} : 42, *ὥστε* *ὡς τε* Baldi Th. — 57, *ἀρρήν* *ἀρρην* Baldi Th. || § 2 : 12, *ΚΑΜ* *κλμρ* Baldi, *κλμρ* Th. — 13, *ΝΞ* *μξ* Baldi, *μνξ* Th. — 19, *ΓΔ* *οζεδ* Baldi, *εδ* Th. — 27, *παρὰ ληλογράμμω* *παρ. . . μμω* Baldi, *παρ. . . γράμω* Th. — 57, *τὸ Π* (*τὸν . . .*) *τὸν π* (*τὸν . . .*) Baldi Th. — 65, *τὸ ΝΞ* *τὸν ξ*, Baldi Th. — 67 *[AB]* *ΓΔ* *γδ* Baldi Th. || § 3 : 22, *τὰ Σ, Τ, Υ, Φ, Χ, Ψ, Ω, Α* *τῶν υφχψω*. *α* Baldi, *τὰ στ. υφχ. ψω, α* Th. — 34, *δακτύλου* *δακτύλων* Baldi Th. || § 4 : 37, *ἐκαστου* *ἐκαστος* Baldi Th. || § 5 : 3, *ἐκάτερον* *ετερον* Baldi, *έχοντα τὸ μὲν* Th. — 26, *τὰς* *τὰ* Baldi et Th.

¹⁰⁰ § 1^{re}, 43 : *θκ* au lieu de *θη* || § 2, 10 : *θη*, au lieu de *ΖΘ* || § 3 : 10, *οἱοι εἰσι*, au lieu de *οἱοι εἰσι*; — 15, *δακτύλου ἐνὸς*, au lieu de *δάκτυλον ἑνα*; — 32, *ἴσον τῶν*, au lieu de *ἴσον τῷ τῶν*. || § 4 : 35, *γδ* (?) au lieu de *αδ* = *ἑνα τέταρτον*.

¹⁰¹ § 1^{re} : 15, *[δακτύλους]* donné par Baldi (marge); 17, *Αδ*, donné par moi en 1862; *εαδ* Baldi et Th. || § 2 : 48, *ΙΑ*, cote très-importante due à Baldi.

¹⁰² Voir mon comment. paléogr. (a) § 1^{re} : 48. — § 2 : 31, 36, 63. — § 3 : 10, 15, 30; § 4 : 1, 32, 34, 41, 68. — § 5 : 12. || (b) § 1^{re} : 43, § 3, 37. || (c) § 4 : 35, 77. || (d) § 1^{re} : 47; § 3 : 42; § 4 : 77. || (f) § 1^{re} : 11, *έχέτω* (supprimé).

¹⁰³ Voici ces corrections définitives : § 1^{re} : 50, *HB[H]* *τὸν β* Baldi, *ηβ* Th. (*νβ* marge), *ηβ* Prou (1^{re} édition), *BH* Vincent, *HB* Wescher. || § 3 : 6, *πλεῖον*. Tous éditeurs antérieurs *πλεῖω*; 32, *ἴσον τῷ τῶν* *ἴσον τῶν*, tous éd. ant. — 43, *ςς[ςς]* *ςς* Baldi Th. et Prou (1^{re} édit.); *ς, ς, ς, ς* Vincent; *ςςςς* Wescher. — 48, *Ι*. Tous les manuscrits et éditeurs donnent *Γ*, *γ* ou *γ'*. || § 4 : 58, *Ι* *τρεῖς* (de *γ* ou *Γ*) Baldi Th. Dans ma première édition je proposais *ΙΓ* ou *ιγ* ou *τρισκαίδεκα*, *γ* Vincent, *Γ* Wescher. — 59, *δάκτυλον*. Tous éd. ant. : *δακτύλους*. || 59 *bis*, *ἑνα* *δύο ἡμισυ* Baldi, *β'ς* Th., *β'ς* Prou (1^{re} édit.), *βL* Vincent, *BC* Wescher. — 73 *τὰ ζ*. Tous éd. ant. : *τὰ ςς*. — 76, *ΙΓ* *α* Baldi et Th., *ιδ* Prou (1^{re} édit.), *α* Vincent, *Γ* Wescher. La discussion des trois corrections numérales du § 4 est établie dans la *synthèse* (4^e partie de la présente édition). — Voir en outre plus haut, note 88, la correction numérale *ΓΔ* substituée à *ΙΑ*.

¹⁰⁴ *Introd.* p. 6-7.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁰⁵ *De Arch.* lib. X, ch. xv-xvii (Schneider, t. I, p. 290-295).

¹⁰⁶ Le terme *νευρότονον*, malgré sa forme correcte, n'appartient pas aux textes de la Poliorcétique. Thévenot l'a adopté (*Math. vet.* p. 127) d'après la variante *νευρώτονον* du manuscrit 2435 de Paris. Les manuscrits de Médicis et du Vatican donnent, en un seul mot, *νευράτονον*. La leçon véritable, éditée par M. Wescher, est fournie par le manuscrit de Mynas : Ἐκαλοῦν δὲ τὰ μὲν συνέχοντα τοὺς ἀγκῶνας νεῦρα, τόνον. La séparation *νεῦρα, τόνον* répond seule au sens. Néanmoins, dans une théorie générale de l'artillerie antique, le terme *νευρότονον* s'oppose très-naturellement au terme *χαλκότονον*.

¹⁰⁷ Voir ci-après (n° 281 à 302) le parallèle entre les *Καμβέστρια* et les *Anisocycli*.

¹⁰⁸ Voir, plus haut, n° 9.

¹⁰⁹ *Chirob.* (1866), p. 7.

¹¹⁰ La remarque est de M. H. Martin (de Rennes). Voir *Chirob.* (Vinc. 1866), p. 29-30.

¹¹¹ Voir *Βελοπ.* (*Poliorcét.* Wescher), p. 77-78.

¹¹² *Id. ibid.* p. 119 *note*, donne la liste des géomètres grecs qui ont traité de la *duplication du cube*, problème fondamental de l'échelle de proportion des engins balistiques.

¹¹³ *Poliorcét.* p. 119 : « Apud Pappum laudantur Heronis *Καταπαλτικά*... sed plenior atque mirabilior nota extat in cod. 120 (Vindob.) ubi hæc ad calcem leguntur : « Τέλος τῶν Ἀρχιμηδους Βελοποιικῶν τῶν ἐξηγηθέντων παρὰ Ἡρωνος Κτησιβίου. »

¹¹⁴ *Math. vet.* p. 246, l. 26 et suiv.

¹¹⁵ Voir ci-après *Troisième partie*, § 4, note 14 du Comment. paléogr. Voir également Wescher, *op. cit.* p. 130, ligne avant-dernière.

¹¹⁶ Voir ci-après *Troisième partie*, § 2, note 71 du Comment. paléogr. et Wescher, *op. cit.* p. 127, ligne dernière. Voir aussi § 1, note 15 du Comment. paléogr. et Wescher, *op. cit.* p. 123, l. 5.

¹¹⁷ Voir *Math. vet.* p. 145-242.

¹¹⁸ Voir *Math. vet.* p. 243-274.

¹¹⁹ *Olymp.* VII, 53 : « Des chefs-d'œuvre qu'on dirait vivre et se mouvoir. »

¹²⁰ M. G. Boissonade a remarqué, avant M. Ferdinand Delaunay, que les *pouces* des deux mains qui tiennent les ressorts étaient peut-être *mobiles*, de manière à simuler un effort de compression effective. *Χειροβαλλίστρα* signifierait alors, non-seulement un *engin muni ou orné de mains*, mais une arme lançant son projectile par un jeu de mains. Cette conjecture me paraît plausible. Elle expliquerait d'ailleurs la position de certains points symétriques et distants entre eux de $23 \frac{1}{2}$ doigts (1 pied + $7 \frac{1}{2}$ doigts), du § 4 du texte, lesquels seraient les pivots d'articulation des pouces mobiles. Je suis heureux de signaler ici l'observation de mon savant ami. La muse hellénique devait bien cette inspiration au fils d'un de ses plus délicats interprètes.

¹²¹ *Olymp.* VII, 50 :

Αὐτὰ δὲ σφισιν ὥπασε τέχνην

Πᾶσαν ἐπιχθονίων Γλαυκῶπις ἀριστοπόνοισ χερσὶ κρατεῖν.

(Voir traduction Boissonade, citée plus haut note 83.)

Errata. — Au n° 132 (p. 44) : au lieu de 54, lire 69; au lieu de 7, lire 8; au lieu de 204, lire 431. (Voir tableau, p. 226.)

DEUXIÈME PARTIE.

LA
OHIOBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹²² Voir *Math. vet.* p. 51, et Köchly-Rüstow, p. 244 : Τοῦτο δὲ συνέβαινε... διὰ τὸ φιλοδόξων καὶ φιλοτέχνων ἐπιλήφθαι βασιλέων.

¹²³ Amm. Marc. *Rer. gest.* XXIII, 4 : « Hi (axes) in modum serratoriae machinae connectuntur. »

¹²⁴ *Hist. nat.* VII, LVI.

¹²⁵ *Paralip.* II, c. xxvi, v. 15. La Vulgate rend μηχανὰς μεμηχανευμένας λογιστοῦ par *machinas subrefactas excogitantis*. — Λογιστής signifie *calculateur*, et parfois *inventeur*. Dureau de la Malle (*Poliorcét. des anc.* t. II) croit que les engins d'Ozias n'étaient pas de création récente. Le degré de science que suppose le texte μηχανὰς μεμηχανευμένας λογιστοῦ prouve que ces engins furent, sinon inventés, du moins construits avec art par un *ingénieur*. Λογιστής admet volontiers cette signification.

¹²⁶ Ézéchiél, iv, 2, et xxii, 22. Les deux passages emploient le mot βελοσάσεις, que la Vulgate rend par *arietes*, *béliers*. Mais, dans les Macchab. I, vi, v. 20 et v. 51, la Vulgate traduit βελοσάσεις par *balistus*. Βελοσάσεις signifie proprement l'endroit où sont installées des machines de jet, une *batterie* : « Βελοσάσεις οικίας τοῖς ἐπιτίθεσθαι μέλλουσι καταπέλτας » (Diod. xx, 85). Voir également Phil. Byz. (*Math. vet.* p. 82 et 97) et Polyb. IX, xli. Athénée le mécanicien (Wescher, p. 22) emploie βελοσασία dans le même sens : ἔχει δὲ καὶ μέσσην στήλην ἐπὶ τῶν στήλων ἀναπανομένην, ὅπως ἡ βελοσασία ἐπ' αὐτῆς εἴη. Le sens donné à βελοσάσεις par la Vulgate dans les Macch. permettrait d'y voir l'origine du latin *balista*, terme classique qu'on retrouve dans Plaute, Cicéron, César, Tite-Live, Sénèque, Tacite, etc. (voir Just. Lips. *Poliorcét.* III, dial. 2 et 3). Le grec βαλλίστρα n'est pas davantage un néologisme (voir, plus haut, notes 70 et 89). C'est βολίστρα qui date du vi^e siècle (voir Maurin. *Tact.*). Les deux langues ont pu d'ailleurs demeurer fidèles chacune à son génie propre.

¹²⁷ Θρήν. II, v. 8 : Ἐξέτεινε μέτρον, καὶ οὐκ κτλ. Il reste à savoir si *funiculum*, qui traduit μέτρον dans la Vulgate, répond au terme hébraïque que les Septante ont rendu par μέτρον. Si oui, s'agirait-il pourtant d'engins *névrolones*? Ἐκτείνειν μέτρον, *tendere funiculum*, serait plutôt une métaphore : « Il a pris toutes ses mesures, il a travaillé sans relâche à l'anéantissement de la ville. » Videant magistri.

¹²⁸ Diod. Sic. XIV, xlii, 1 : Καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν εὗρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακουσαῖς, ὡς ἂν τῶν κρατίστων τεχνιτῶν πανταχόθεν εἰς ἓνα τόπον συνηγμένων. MM. Köchly et Rüstow (*op. cit.* p. 189) suivent l'opinion de Diodore, sans dire un mot du passage des Livres saints.

¹²⁹ *Var. Hist.* VI, xii : Ὁ δὲ καταπέλτης εὗρημα ἦν αὐτοῦ Διονυσίου.

¹³⁰ Plut. *Apophth.* Ce cri d'un brave a son analogue dans un de nos vieux poèmes du moyen âge, *Girars de Viane*, analysé par le savant M. Léon Gautier, dans son bel ouvrage sur nos épopées nationales (voir ms. 1448, Paris).

Cent fois maudit soit le premier archer !
Il était lâche, il n'osait approcher.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹³¹ Plut. *Alex.* LXX, 111.

¹³² Arr. *Anab.* IV, 14, 4.

¹³³ Athen. *Dipnosoph.* XII, LIV (Schweigh).

¹³⁴ *Id. ibid.* V, XLIII.

¹³⁵ 170 avant J. C., mission de Popilius Lænas, sous Ptolémée IV Philométor.

¹³⁶ Suidas, mot *Μάχαιρα*. Montesquieu (*Grand. et Déc. des Romains*, ch. 11) attribue ce passage à Polybe : Τὴν μὲν κατασκευὴν μετέλαβον [οἱ Ῥωμαῖοι], αὐτὴν δὲ τὴν χρῆσιν τῶν σιδήρου καὶ τὴν ἄλλην ἐπιμελείαν οὐδαμῶς δύνανται μιμεῖσθαι. Philon de Byz. (*Math. vet.* p. 71) dit expressément : Ὡφθη γὰρ ἡ τῶν προειρημένων λεπίδων (rubans d'airain élastiques de Ctésibius) ἐργασία διὰ τῶν Κελτικῶν καὶ Ἰσπανῶν καλουμένων μαχαιρῶν. De nos jours, les aciers de Tolède sont encore renommés pour leur merveilleuse souplesse.

¹³⁷ Voir *Math. vet.* p. 105 à 114, et *Poliorcét.* (Wescher), p. 41 à 68.

¹³⁸ Dans un savant travail consacré à Héron d'Alexandrie (*Mém. de l'Acad. des insc.* 1854, p. 23). M. H. Martin (de Rennes) a démontré que le célèbre élève de Ctésibius florissait vers l'an 70 avant J. C.

¹³⁹ Philon de Byzance fut contemporain de Ctésibius, dont il continua les travaux (*Math. vet.* p. 73; — Köchly et Rüstow, p. 300). Héron (*Math. vet.* p. 263) cite de Philon de Byzance un traité des *Automates*, dont il se déclare le continuateur. Vitruve (lib. VII, præfatio) nomme Philon de Byzance, à la suite de Ctésibius, parmi les auteurs d'ouvrages sur la balistique. D'après Athénée (*Dipnosoph.* IV), Ctésibius vivait sous Ptolémée Évergète II, septième roi d'Égypte (146 à 147 av. J. C.). Fabricius croit Ctésibius contemporain de Ptolémée Philadelphe. Schweighæuser (*ap. Ath. l. c.* p. 637) et M. H. Martin (de Rennes) ont réfuté cette opinion (*Mém. cit.*); Köchly et Rüstow placent Philon de Byzance sous le premier Ptolémée (323-285), à propos du passage relatif aux rois « amis de la gloire et amis des arts », cité au chapitre précédent. Rien ne prouve que Philon décerne cet éloge aux souverains d'Égypte ses contemporains.

¹⁴⁰ *Math. vet.* p. 1 à 48. Wescher (*op. cit.*) p. 137 à 193.

¹⁴¹ Ch. x, xi et xii (Schneider); *vulgo* 15, 16 et 17, 18.

¹⁴² Voir plus haut, note 113.

¹⁴³ Τὸ περὶ τῆς ἀταραξίας, la *paix de l'âme*, terme employé ici, avec beaucoup de finesse, par Héron d'Alexandrie, dans le sens de la *paix politique*. Köchly traduit par *Seelenruhe*, *paix des âmes*.

¹⁴⁴ Σοφία, c'est la science proprement dite; témoin Pindare (*Ol.* VII, v. 98-99) :

Δαέντι δὲ καὶ σοφία

Μείζων ἄδολος τελέθει.

¹⁴⁵ Ceci est encore une allusion aux philosophes stoiciens, qui font consister le bonheur dans la *paix avec soi-même*. Tels sont Aristote, Épictète, Sénèque, Plutarque. Le *Nil admirari* d'Horace résume la doctrine.

¹⁴⁶ Ἐπανόδοις] Ἐπανόδους. W. ἐφόδους Th. ἐφόδοις, Köch.-Rüst.

¹⁴⁷ Αὐτοί τε κατὰ συνείδησιν ἀτάραχοι διαμένουσι (διαμένωσι, Th. Köch.) mot à mot :

« Et l'on demeure à bon escient imperturbable. » Kôchly traduit : « Und selbst in diesem Bewutztsein seine Seelenruhe behauptet. »

¹⁴⁸ On trouvera plus loin la distinction technique à faire entre les deux systèmes. M. de Reffye l'a seulement entrevue (*Monit.* 6 nov. 1867). Je l'ai déduite du texte même d'Héron. Le *παλιντονον* de la Bélopée n'a jamais été expliqué comme je le présente aujourd'hui. M. de Reffye a exécuté pour le Musée d'Artillerie et pour celui de Saint-Germain, des modèles *euthytone* et *palintone*, dont les battants sont tournés *par dehors*. Le seul qu'il ait muni de *bras convergents*, caractère distinctif du *παλιντονον*, figure, à titre de *variante* seulement, au Musée d'Artillerie.

¹⁴⁹ Le *Καταπέλτης* ou *Καταπάλης* grec est le nom générique des machines de jet. *ὀξυβελής*, *λιθοβόλος* ou *πυροβόλος*, indiquent l'engin spécial lançant des *traits* ou des *pierres*. On a vu plus haut (note 128) le terme *τὸ καταπελτικόν*, désignant dans Diodore l'Artillerie. Certains auteurs disent également *ἀφειτήρια ὄργανα* (*machines de jet*). D'ordinaire *καταπέλτης* est une arme lançant des *flèches*. Les *pierriers* sont le plus souvent *παλιντονα*, avec ou sans le mot *ὄργανα*. Le *Σκορπίος* est une *catapulte* *ὀξυβελής*, ou simplement un *ὀξυβελής* (s. e. *καταπέλτης*) ou encore *ὀξυβελές* (s. e. *ὄργανον*). Les Grecs avaient un troisième système, à moteur *névrotone* mais à *bras unique*, ou *μονάγκων*, qui fonctionnait dans le plan même du tir. Ce battant se terminait par une fronde armée d'une pierre, que l'engin lançait à l'instar du frondeur, à *tour de bras*. Ce type appartenait à la classe *εὐθύτονον*. Les Romains modifièrent la nomenclature grecque primitive. Les *ὀξυβελεῖς* deviennent pour eux des *scorpions*, et les *παλιντονα* ou *λιθοβόλοι* prennent le nom de *balistes*. Le *μονάγκων* devient la *catapulte*, que Vitruve confond pourtant avec le *scorpion*; de même que *σκορπίος* et *καταπέλτης* désignent souvent en grec un seul et même engin, du genre *εὐθύτονον*. Plus tard, le *σκορπίος* devint *παλιντονος*, sans cesser d'être *ὀξυβελής*; enfin il prit le nom de *χειροβαλλίστρα*, *manubalista*. Athénée (Th. p. 3, W. p. 8) cite un engin d'Agésistrate qui, *παλιντονος ὤν*, dit le texte, envoyait à quatre stades (740 mètres) un trait de quatre coudées (1^m,85). La *Χειροβαλλίστρα* est un type mixte : le *corps de l'arme* est *εὐθύτονον*, l'engin étant *ὀξυβελές*; son *mécanisme* est *παλιντονον*, *plus puissant et moins encombrant* que celui de l'*εὐθύτονον*, *comme il convient à une arme portable*. La *manubaliste*, variété de la *baliste*, est évidemment *παλιντονος*. A l'époque où elle se substitue au *scorpion euthytone*, définitivement délaissé par l'artillerie romaine, le nom de *scorpion* est cependant maintenu au vocabulaire, et devient celui du *pierrier* *μονάγκων*, de la *catapulta* ou *pierrier-fronde* de César. Un peu plus tard cette machine reçoit le nom définitif d'*onagre*. La *baliste* est le seul engin dont le nom, chez les Romains, soit demeuré invariable. Sa description dans Vitruve est conforme à celle du *παλιντονον* d'Héron et de Philon. Selon ces trois auteurs, la *baliste* était un *pierrier*. Parfois, dans César, elle lance de grosses flèches. Depuis, elle cesse complètement de jeter des pierres. Peut-être la confond-on alors avec la *manubaliste*, comme les Grecs disent *βολίστρα* pour *χειροβολίστρα*. *Palintone* par essence, la *baliste* lançait probablement à volonté, comme le remarque Héron, des *pierres* ou des *flèches*.

¹⁵⁰ M. Wescher écrit : « *ὁρίσους ἢ...καὶ συναμφοτέρα*, » lacune indiquée, paraît-il, mais sans justification plausible, dans le ms. de Mynas.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁵¹ Thévenot rend *σκληρότητας* par *asperitates* !

¹⁵² La figure des *Math. vet.* est assez correcte, mais la forme de la *monture* n'est point celle d'une planchette, comme l'a cru également W. Newton (*Stratic.* Vitruve, p. 184, pl. XVIII, fig. 1 et 3). Rien n'indique non plus, dans Héron, une forme analogue pour le *refouloir* (*καταγωγίς*), celui de la chirobaliste est un simple *croissant* (*σεληνοειδὲς σχῆμα*), ajusté à tenon et mortaise avec la queue de la monture. La courbure donnée par Thévenot et W. Newton à l'autre extrémité de la monture n'est pas davantage justifiée : « Catagogis extremum E arcui propius in rotundam lineam erat conformatum. » (W. New.)

¹⁵³ M. Dufour (*op. cit.* p. 30) la définit *coulisse à queue d'aigle* (?).

¹⁵⁴ *Θῆλυς*, rainure (pièce femelle); *ἄρρην*, languette (pièce mâle). Köch. Rüst. traduisent *ἄρρην* par *feder*, plume, qui a sans doute en allemand l'acception du mot *languette*. Vitruve appelle *bucculæ* (lèvres) les bords de la rainure. Philon (T. 53, KR. 252) les appelle *περύγια*, ailettes. Double rapprochement curieux entre *feder* et *περύγια*, d'une part, entre *languette* et *bucculæ*, de l'autre. Dans toutes les langues, l'analogie avec les formes vivantes préside évidemment à la nomenclature technique.

¹⁵⁵ *Κανών*, terme ayant en grec le même sens vague que *pièce* en français.

¹⁵⁶ *Δίχηνον* (*δίχειλον* Th. et KR). Baldi, avant M. Wescher, avait adopté *δίχηνον*, pour le motif suivant (*Math. vet.* p. 332) : « *δίχηνον* dicebantur animalia divisas seu bifi-
« das bisulcasve ungulas habentia, ut boves, capræ, cervi et cetera ejusmodi. » Dans la *Χειροβαλλίστρα*, Baldi écrit également *δίχηνον*, honneur rapporté exclusivement aux mss. par M. Wescher.

¹⁵⁷ *Καθάπερ τῶν καλουμένων σκενδυλλίων*. Baldi (*Math. vet.* p. 332) rapproche ce dernier mot de *σκανδύνες*, *σκολόπες*, *κόρακες*, donnés par Hésychius. L'outil en question ressemblerait plutôt à la tête du marteau de menuisier, qui est fendue pour saisir par la tête les pointes ou clous à arracher du bois.

¹⁵⁸ Le dessin de la batterie, dans Thévenot, est fort incorrect. Ses successeurs l'ont mieux restitué.

¹⁵⁹ Silberschlag (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1760, p. 378-432), dans sa *Dissertation sur les principales machines de guerre des anciens*, dit que *σύριγξ* désignait probablement tout le tronc de la machine. M. Dufour (*op. cit.* p. 30) traduit *σύριγξ* par *crosse* (?). Le terme exact est MONTURE.

¹⁶⁰ M. Dufour (*op. cit.* p. 30) traduit *διώστρον* par *plateau*, et la languette du tiroir par *tenon*.

¹⁶¹ *Il cavo della saetta*, disent les Italiens (Bald. *Math. vet.* p. 332). W. Newton (*Stratic.* t. IV, p. 184) appelle cette pièce *ἐπιτοξίς* (?).

¹⁶² Dufour (p. 31) traduit *χελώνιον* par *chelon*, qui désigne, selon lui, la détente ou la noix de détente. *Χελώνιον*, tortue, est la forme de la batterie elle-même, vue en plan, et proéminente à la queue du tiroir, c'est-à-dire la croupe de l'engin. La culasse d'une arme à feu répond à une analogie du même genre.

¹⁶³ *Καταγωγίς*, pièce ramenant en bas [le tiroir]. A raison du tir incliné, la volée de l'engin était le haut, et l'arrière le bas. *Κατάγειν* signifie donc ramener en arrière. De là *καταγωγίς* traduit par *refouloir*.

¹⁶⁴ *Εἰ ἡβούλοντο ἐντιθεῖναι τὸ τόξον*. Thévenot traduit : « *Volentes telum imponere* » (!)

¹⁶⁵ Ἀνῆγον τὴν διώσσαν ἐquivaut à *pousser en avant* le tiroir. Meister (*op. cit.* p. 34) a signalé la précision technique de ces termes de manœuvre, composés avec ἀνὰ et κατὰ, et indiquant le mouvement en avant ou en arrière du tiroir, à cause de l'inclinaison du tir, soit de l'εὐθύτονον ou du παλίντονον. Les simples archers tiraient souvent, au juger, en visant l'ennemi au-dessus de la tête. Les plus anciens bas-reliefs d'Égypte et d'Assyrie en offrent plus d'un exemple. Xénophon (*Cyrop.* VI, III) parle d'archers tirant par-dessus un double rang de combattants. La distinction que l'on a voulu établir entre l'εὐθύτονον et le παλίντονον, d'après l'inclinaison plus ou moins sensible du tir, est insoutenable. Tous les engins antiques tiraient sous un angle très-relevé. Les termes de la manœuvre sont identiques pour tous les systèmes. Nous mettrons le fait en complète évidence.

¹⁶⁶ Τὸ διωσθὲν ἔκρον τῆς διώσσης εἰς τὸ ἔξω μέρος. L'importance technique de εἰς τὸ ἔξω μέρος n'a jamais été signalée. Köch. Rüst. traduisent (p. 207) : « das nach autzen vorgestotzene Ende des Läufers, » ce qui n'a rien de particulier. D'abord, εἰς τὸ ἔξω μέρος signifie ici principalement la direction du tir, du point où se trouve l'ennemi. L'exemple actuel du γαστραφέτης montre l'engin comme une sorte de rempart, dont l'extérieur est le côté de l'ennemi, le champ du tir. Un peu plus loin (Th. 127, KR. 210, W. 82), Héron dit encore εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος, pour définir l'orientation des bras du παλίντονον. Le sens est évidemment identique : « Les bras, dit Héron, doivent avoir leur battement de bas en haut (ἀνέπιωσιν) et leur effet balistique dans la région extérieure (τὴν βίαν εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος). » Il est clair, d'après cette indication si précise, que les bras du παλίντονον, installés à la hauteur de la volée, fonctionnent vers l'avant de la machine.

Plus loin encore, nous voyons reparaître le caractère distinctif du παλίντονον. A propos de ce système, Héron (Th. 135, KR. 224, W. 100) dit : τῶν ἀγκῶνων εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος ἀναπεπιωκότων; les bras battant vers l'extérieur. Ce point si important revient encore (Th. 132, KR. 226, W. 100-101) quelques lignes après : « Il faut, dit l'auteur, tordre les faisceaux de manière à orienter le battement des bras dans le sens que j'ai dit : ὅπως οἱ ἀγκῶνες τὴν ἀνάπιωσιν ἔχωσι τὴν εἰρημένην. » On doit donc tenir compte de l'indication si précise εἰς τὸ ἐκτὸς. De son côté, Philon (Th. 68, KR. 288) emploie les termes ἐν τῷ ἐκτὸς... εἰς τὰ ἐντὸς, pour expliquer le sens des réactions de chaque moitié du faisceau tordu sur le talon du battant. Son témoignage confirme donc celui d'Héron d'Alexandrie. Enfin Vitruve (Schn. t. I, p. 294), parlant de la volée de la baliste (παλίντονον), dit « Climacidos superioris pars quæ est proxima brachiis, quæ conjuncta est mensæ, etc. » Or, d'après Héron (Th. 135, KR. 224, W. 100), la monture (στέριγξ du gastraphète) est de forme modifiée dans le παλίντονον, et s'appelle κλιμακίς. Ainsi on ne peut douter que les battants du παλίντονον ou baliste ne fussent installés en avant de la cage, leurs pointes convergeant vers la volée de la machine. Jusqu'ici on n'avait vu, dans εἰς τὸ ἐκτὸς, que l'extérieur de la cage, c'est-à-dire tout l'espace autour du bâti; et l'on orientait, en conséquence, les bras du παλίντονον en saillie latérale au bâti, comme ceux de l'εὐθύτονον. C'est là un grave contre-sens.

¹⁶⁷ Κατῆγον τὴν τοξίτιν νευράν. Κατάγειν, faire descendre, amener en arrière; mettre au bandé la corde archère.

¹⁶⁸ Αὐτάρκης ἢ καταγωγῇ, mot à mot : le refoulement étant suffisant.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁶⁹ Τὴν διώσσαν καταχθεῖσαν (voir, plus haut, note 165).

¹⁷⁰ Μηκέτι ἀνάγεσθαι εἰς τὸ ἄνω μέρος, mouvement inverse de κατάγειν.

¹⁷¹ Ce mécanisme est assez correctement rendu dans Thévenot.

¹⁷² Καταγομένης οὖν τῆς διώσσας (voir note 165).

¹⁷³ Κατακλεῖς, clef agissant de haut en bas. M. Dufour (p. 30) l'appelle *ped de biche*, nom d'une pièce bien différente dans l'arbalète du moyen âge. Littéralement : *déclie*.

¹⁷⁴ Μηκέτι ἀνάγεσθαι τὴν διώσσαν (voir note 170 ci-dessus).

¹⁷⁵ Le γαστραφέτης montre que la première arbalète fut plus compliquée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Le *Journal des Savants* (avril 1868, p. 64) assure que le terme γαστραφέτης indique qu'on appuyait l'arme sur le ventre pour lancer le trait. La pression du ventre servait exclusivement à bander l'arme. Quelle précision aurait eue le trait lancé de la sorte ? Nous avons cité (*Introd. hist.* VIII) les *gastraphètes* de gros calibre, décrits par Biton, et dont le bandage s'effectuait à l'aide de mouffles et de treuils. De tels engins n'employaient point la pression du ventre. Pour viser avec l'arme appuyée sur le ventre, il faudrait que l'œil du tireur arasât le bout du tiroir, et que l'engin fût, dans cette position, incliné à 45 degrés. La portée serait alors *maxima*; mais elle pourrait varier suivant le refoulement plus ou moins grand du tiroir.

¹⁷⁶ Ἡ καταγωγή τῆς τοξίτιδος (voir note 165).

¹⁷⁷ Ἐξ εὐτόνου ξύλου.

¹⁷⁸ Capitulum dans Vitruve. Perrault et M. Dufour traduisent par *chapiteau* (?); le *châssis* forme la cage, l'embrasure des gros calibres; l'arcade ou le portique des petits.

¹⁷⁹ Cordons élémentaires, formés de fils tordus, entrant dans la composition d'un câble (*Aid. mém. des offic. d'artillerie*, Paris, 1844, p. 211).

¹⁸⁰ Commettage, action de mettre ensemble, en faisceau, les brins composant un cordage. Ce mot traduit littéralement *συμβόλιον* (*Aid. mém. ut supra*, p. 211). L'art du cordier forme, dans les deux langues, sa nomenclature de termes presque identiques. Baldi (*Th.* p. 333) voit dans le *συμβόλιον* « un outil de pêcheur servant, suivant Hésychius, à tisser les filets : Συμβολεὺς ἀλιευτικὸν σκευὸς, περὶ δὲ τὰ λῖνα πλέκουσι. »

¹⁸¹ Σφηνιδίῳ κρούοντες τὰ κῶλα, ex *Th. marg.* conjiciunt Köch. Rüst. La leçon adoptée par M. Wescher n'a pas de sens. « Battre les cordons avec un coin, pour les courber et les serrer, » est, au contraire, très-acceptable. En frappant doucement avec la pointe du coin, qui peut être simplement de bois, on obtient sans peine l'effet ci-dessus.

¹⁸² La figure de *Th.* (p. 126) est assez correcte. Le battant y est orienté de droite à gauche. A la page suivante, au contraire, la figure du second bâti *névrotone*, donnée par Héron, a son battant orienté de gauche à droite. Les deux figures sont conformes à celles des mss. Ce n'est point par hasard que les deux battants convergent ainsi l'un vers l'autre. J'y trouve un indice frappant de la convergence des bras du *παλίντονον*, déjà prouvée plus haut par des expressions techniques décisives.

¹⁸³ Ὡς τε τοὺς ἀγκῶνας εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τὴν ἀνέπλωσιν καὶ τὴν βίαν ἔχειν. (Voir, plus haut, note 166.) Thévenot traduit : « Ita ut brachia ad exteriores partes vergant. » Silberschlag et Köchly-Rüstow n'ont pas mieux entrevu la portée de cet indice. M. de Reffye trouverait ici, comme il me l'a dit lui-même, une preuve de la convergence en

question, s'il était possible de lire *ἐντός*, au lieu de *ἐκτός*, *battement intérieur*, au lieu d'*extérieur*, entendant par *ἐντός* l'INTÉRIEUR DE LA CAGE. Les bras convergent, en effet, de ce côté au moment où l'on arme la machine. Mais cette correction est inadmissible, *ἐκτός* et *ἐντός* signifiant rigoureusement, dans la Bélopée, l'AVANT et l'ARRIÈRE DE LA CAGE.

¹⁸⁴ *Ἀγκύλας*. Thévenot rend ce mot par *partes sinuatas*, *courbures*. M. de Reffye a très-heureusement restitué la forme des *boucles* d'attache de la corde archère, dans ses modèles des engins grecs.

¹⁸⁵ *Ἐκαλοῦν τὰ μὲν συνέχοντα τοὺς ἀγκῶνας νευρά, τόνον* (voir, plus haut, note 106).

¹⁸⁶ *Ἐνάτονος* s'entend d'un faisceau isolé, avec son bâti et son levier. Il s'agit peut-être encore des engins à *battement vertical*, dits *μονόγωνες*. *Ἡμιτόνιον* s'applique à chaque bâti latéral du *Παλίντονον*, avec ses accessoires. Philon (*Muth. vet.* 69, KR. 288) cependant appelle *ἡμιτόνιον* chaque moitié de faisceau tordu, actionnant le talon du battant.

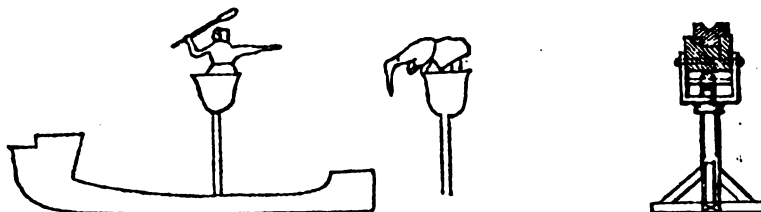
¹⁸⁷ *Πρὸς τὸ τοὺς ἀγκῶνας κατὰγεσθαι*. (Voir, plus haut, note 165.)

¹⁸⁸ *Καρχήσιον*, *hune*, et aussi *vase à boire*, en forme de *verre à pied*. Dans l'antiquité, la *hune* d'un navire avait une forme analogue, comme l'attestent deux figures publiées par Dureau de la Malle (*Poliore. des anc. atlas*, pl. VIII) et reproduites ci-dessous (fig. 50) :

Fig. 50. Le *Καρχήσιον*.

Hune antique, d'après un bas-relief égyptien.

Affût fixe d'une machine de jet.



La *hune* ressemble à une *tulipe* épanouie au sommet du mât. Telle est aussi la forme d'un support de machine de jet : un *pied* analogue à celui d'un *pupitre*, surmonté d'une *caisse* en forme d'U, entre les parois de laquelle s'installe la monture de l'engin. Le nom de *καρχήσιον* donné à ce support dérive évidemment d'une analogie de figure. Héron dit aussi *καλχήσιον*, expression vicieuse, comme *virebrequin* pris pour *vilbrequin*. Philon écrit correctement *καρχήσιον*.

En 1862, j'avais proposé à M. Vincent (*Lettre à M. Vincent*, Paris, 1863, p. 11) le mot *καρχήσιον* comme ancêtre de *carquois*. M. Miller juge cette conjecture très-acceptable. J'en eus l'idée, en considérant que le *καρχήσιον* des engins grecs servait peut-être de *magasin* ou *caisson aux flèches*, les traits se trouvant approvisionnés, à hauteur de main, entre les deux tablettes horizontales (*πλάγιοι τοῖχοι*) du *καρχήσιον*. Voici d'autres analogies très-importantes, que j'ai signalées en mai 1868, au savant M. Miller :

« La *hune* au sommet du mât, la *coupe* sur son pied élevé, l'*étui* à flèches sur l'épaule « de l'archer antique, rappellent tous la même idée figurative du *καρχήσιον* : un *vase à pied* « plus ou moins élancé. A ce titre, le nom de *καρχήσιον* convient admirablement au sup-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« port des machines de jet. Le dessin de Thévenot (p. 130) rappelle un *verre à pied* ordinaire. Il faut remarquer encore ce terme d'*affât*, ayant succédé au terme ancien de *hune*, *poste d'observation*, de *vigie*, d'*affût*. L'engin ressemblait à une sorte d'oiseau (« *πτέρυξ*, *aile*, on l'appelait ainsi) posé sur un perchoir et *guettant* l'ennemi. En grec, « il est bien rare qu'une analogie particulière ne soit pas complétée par plusieurs autres, groupées en faisceau autour de l'idée mère. Le grec a le génie du bon sens. »

¹⁸⁹ La partie que je laisse de côté renferme de nombreux exemples (18 au moins) de termes de *manœuvre* composés avec *ἀνά* et *κατά* (voir, plus haut, note 165). J'y signale entre autres les deux suivants : *Παρά τὸ κάτω μέρος [τῆς σύριγγος]* et *εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς σύριγγος*, qui indiquent le *bas* et le *haut* de la *monture*. Celle-ci était donc *inclinée* (voir W. 85, Th. 128).

¹⁹⁰ Philon (T. 53, KR. 250) place également le *Παλιντονον* avant l'*Εὐθύτονον*. Il appelle le premier *Διθοδόλον ὄργανον*, et le second *Ὀξύελες*.

¹⁹¹ *Παραστιάτης*, pièce debout et latérale, montant latéral. (Voir, plus haut, note 74.) Vitruve traduit par ce mot *parastada*, et Dufour (*op. cit.* p. 31) par *parastade*, au féminin!

¹⁹² Ὁ προσαναπίπτει ὁ ἀγκῶν, contre lequel bal, en remontant, le levier.

¹⁹³ *Ἀντιστιάτης*, pièce debout et de face, montant de face. *PIED-DROIT* est le nom technique de ces MONTANTS DE FLANC ET DE FRONT.

¹⁹⁴ *Πρὸς ᾧ ἐστὶν ἡ τοῦ ἀγκῶνος πτέρνα*. Köch. Rüst. traduisent *πτέρνα* par *griffe*, dans l'acception de *manche*, *poignée*.

¹⁹⁵ Cette condition est réalisée par le dispositif que je donne aux pieds-droits, par rapport aux battants (voir fig. 9, p. 69).

¹⁹⁶ Les figures de Thévenot et de Köch. Rüst. sont ici fort incorrectes.

¹⁹⁷ Thévenot traduit *διτορμίαν* par *ditormiam*, qui n'explique rien. En général, *τόρμος* se dit de tout *renflement* ou *étranglement* observé sur un cylindre ou prisme allongé quelconque. Par exemple, un *tenon*, un *tourillon*, façonné à l'about d'une tige. La *pomme* d'une canne serait un *τόρμος*. Dans la Chirobaliste, les *sabots* de l'échelette sont des *renflements* obliques, appelés *τόρμοι*. En général, toute modification au profil normal d'une pièce allongée se dit *τόρμος*. Et, si ces changements sont nombreux, variés, on dit que la pièce est d'un profil *tourmenté*. Pourquoi?

¹⁹⁸ M. Wescher écrit : *Κατὰ τὴν ΓΕΖΗΑ. . . καὶ ἡλοῖς συγκοινῶσαι*, ce qui suppose une lacune. Köch. Rüst. suppléent *λεπίσι περιλαβεῖν*, conjecture très-acceptable.

¹⁹⁹ *Χελώνιον κατὰ τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, πρὸς ὃ ἐρείσας ὁ ἀγκὼν ἀναπαύεται*. Thén. et M. Wescher écrivent *πρὸς ἥν*. La leçon *πρὸς ὃ* de Köch. Rüst. est seule d'accord avec le sens.

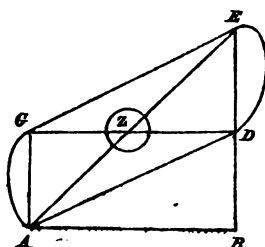
²⁰⁰ *Περτρητον*, pièce découpée, taillée au pourtour, et non pas pièce forée ou percée, comme l'ont avancé Saumaise, Perrault et Dufour. Turnèbe dit avec plus de raison : « *Quod multis locis pertusa et perterebrata sit.* » Barbaro est du même avis. En effet, l'*écusson*, avec ses flancs découpés en cercle, ses mortaises extrêmes et sa lucarne centrale, justifie le nom de *περτρητος*. Je traduis ce terme par *écusson*, pour répondre à la version *SCUTULA* de Vitruve. Cet auteur traduit aussi *περτρητος* par *tabula*. « *Tabulae*, quæ sunt in summo et in imo capituli peritretique vocantur. » (Schn. t. II, p. 290.) « De-

« scribatur *scutula* quæ græce *peritretos* vocatur. » (Schn. p. 293.) Perrault traduit *peritreti* par *parallèles*, et Dufour par *péritrètes*.

¹⁰¹ Ce tracé de l'écusson *biais* n'a été compris par aucun des commentateurs. Thévenot, Silberschlag, de Folard, Stratico, Dufour, Köchly-Rüstow, le construisent d'après la figure ci-dessous :

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 51. Tracé incorrect de l'écusson, suivant les précédents commentateurs.



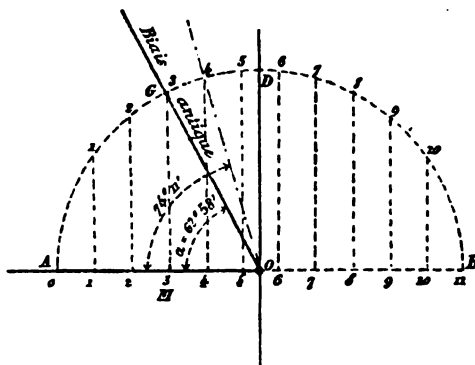
Selon eux, l'axe longitudinal de l'écusson fait un léger biais DAB avec l'axe $\overline{GD}$, situé dans le plan des pivots et l'angle complémentaire avec le plan du tir. C'est l'inverse qui a lieu. La figure 7 (voir plus haut, p. 65) est identique à celle du ms, de Mynas (f° 50 v°) reproduite par M. Wescher (*Poliorcét.* p. 95). Le grand angle du *biais* est transversal au bâti et non longitudinal. La *Chirobaliste* en offre la preuve convaincante.

Philon (Th. 52, KR. 248) décrit, outre le tracé d'Héron, une autre méthode pour obtenir l'angle aigu du *biais*. Elle n'a pas été mieux comprise, jusqu'ici, que l'autre. En voici d'abord l'énoncé (voir fig. 52, ci-après) :

Τὸ δὲ τοῦ περιτρήτου σχῆμα ῥομβοειδὲς ὑπάρχον καὶ οὐκ ὀρθογώνιον, ἐστὶ δὲ καὶ τὰς δύο πλευρὰς οὐκ εὐθείας ἔχον ἀλλὰ περιγαγεῖς, οὐκ εἰκὴ καταγραφίλον, ἀλλὰ καὶ τοῦτο μεθόδῳ τινί. Δεῖ οὖν ἐπὶ τι ἐπίπεδον ἀσπίραδὲς καὶ ὁμαλὸν ἀκριβῶς ὑπάρχον κυκλῖνον λαβόντας κύκλον περιγράψαι, μὴ διαφερόμενον ἡλικὸς ἂν ἢ τῷ μεγέθει, καὶ ἀγαγόντας ἐν αὐτῷ διάμετρον, τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμικυκλίου περιφέρειαν διελεῖν εἰς μέρη $\overline{IA'}$, καὶ ἀπὸ τῆς διαμέτρου τέσσαρα μέρη λαβόντας εὐθεῖαν ἀγαγεῖν ἐπὶ τὸ κέντρον, καὶ ἔσται ὁξεία γωνία τοῦ περιτρήτου.

« La forme de l'écusson, dit Philon, est celle d'un parallélogramme (*ῥομβοειδὲς*) et non d'un rectangle (*ὀρθογώνιον*). En outre, ses deux côtés principaux ne sont pas rectilignes. Ils sont adoucis en courbe, non point au hasard, mais d'après certaines règles. Sur une planchette horizontale bien dressée, on trace au compas un cercle de grandeur quelconque. On y mène un diamètre, et l'on divise en onze parties l'espace compris dans le demi-cercle (τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμικυκλίου περιφέρειαν διελεῖν εἰς μέρη $\overline{IA'}$). On compte sur le diamètre quatre de ces parties (ἀπὸ τῆς διαμέτρου λαβόντας τέσσαρα μέρη). On mène une droite au centre (εὐθεῖαν ἀγάγειν ἐπὶ τὸ κέντρον); et l'on obtient ainsi l'angle aigu de l'écusson. »

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.



Köch. Rüst. traduisant Philon, *partagent la demi-circonférence ci-dessus en 11 parties égales*, et prennent pour l'angle α *quatre de ces parties*, soit $\alpha = \frac{4}{11} \times 180^\circ = 65^\circ 27'$. Or, par la première méthode, ils ont trouvé $\alpha = 26^\circ 34'$. Il y a là une contradiction manifeste.

L'énoncé de Philon est très-obscur. Il connaissait peut-être si bien l'épure de l'écusson, qu'il a cru être compris sans plus de précision de style. En pratique, *diviser une demi-circonférence en 11 parties égales*, est un procédé inadmissible. Philon ne dit point d'ailleurs que les 11 parties soient *égales*. J'ai trouvé qu'elles le sont, à la condition d'être comptées, non sur la *demi-circonférence*, mais sur le *diamètre*. En élevant, *par les points de division*, des *perpendiculaires au diamètre*, on obtient *11 segments de demi-cercle*, qui sont les 11 parties que Philon avait en vue. D'un autre côté, le *rayon aboutissant au sommet de l'ordonnée n° 4* (τέσσαρα μέρη) *doit fournir l'angle biais cherché*. En le calculant, on trouve $\alpha = 74^{\circ} 11'$, valeur évidemment trop grande. Mais, au lieu de τέσσαρα μέρη, si on lit τρία μέρη, on obtient $\alpha = 62^{\circ} 58'$, qui diffère de $63^{\circ} 26'$ de moins de $\frac{1}{2}$ degré. En effet, le diamètre étant représenté par 11 (fig. 52), le rayon vaut $5\frac{1}{2}$. La distance $\overline{OM}$ du centre à la division n° 3, comptée à partir de la circonférence, est de $2\frac{1}{7}$. Dans le cercle de rayon = $5\frac{1}{2}$, elle représente le cosinus du *biais cherché*. On a donc $\cos \alpha = \frac{2\frac{1}{2}}{5\frac{1}{2}}$, ou $\cos \alpha = 0.454545\dots$, d'où $\alpha = 62^{\circ} 58'$. La différence avec 63°

26' donnerait à peine 0^m,02 cent. sur la petite base d'un écusson de 1 mètre. L'altération de *τρία* en *τέσσαρα* dans le mss. n'a rien d'in vraisemblable, même si le nombre primitif était figuré par Γ, qu'on a pu lire aisément Δ.

²⁰² Vitruve dit également (Schn. I, p. 290) : « Anguli quatuor, qui sunt circa in lateribus et frontibus, laminis ferreis aut stylis æreis configantur. »

²⁰³ W. Newton (*Stratic.* t. IV, p. 186) observe que Vitruve traduit *χοινίαις* par *modiolus* (petit boisseau).

²⁰⁴ *Ἐπιζυγίς*. W. Newton (*Stratic.* t. IV, 186) : « Hæ virgæ dicebantur *épizyges* ! »

²⁰⁵ Silberschlag (*Mém. cit.* p. 411) prétend que le barillet, de forme hexagonale, se manœuvrait avec une clef en fer, et se mettait à l'arrêt au moyen d'une roue à rochet. Il n'existe aucun indice antique de ce système. Le plus probable est celui de M. de Reffye. Il consiste en une cheville métallique, traversant l'embase du barillet mobile et pouvant s'ajuster dans des trous distribués au pourtour du sommier recouvert par l'embase. Cette cheville cale le barillet au degré de torsion voulu. Silberschlag prétend encore, sans aucune preuve, que les faisceaux se bandaient à l'aide d'une vis de pression. Or il constate lui-même (p. 411) que la pression du faisceau sur les freins suffit, par le frottement résultant, pour le calage du barillet. Les chevilles de M. de Reffye sont un supplément de sécurité, rien de plus.

²⁰⁶ Τὰ δύο ἡμιτόνια . . . ἀφ' ἑστέωτα ἀπ' ἀλλήλων μικρῶ μείζον διπλάσιον τὸ τοῦ ἐνὸς ἀγκῶνος μήκος. Thévenot traduit : « distantia inter se paulo minus duplo longitudinis alterius brachiorum. » Köch.-Rüst. écrivent *μείον* pour *μείζον*, et traduisent également « weniger als die doppelte. » Le grand écartement des hémitons prouve, d'une manière nouvelle, la convergence des battants palintones (déjà établie, note 166). Mesurée en longueurs de bras, cette distance ne permet aucun doute. Si les bras divergeaient latéralement, à quoi bon les écarter autant ? Ce serait contraire à l'effet balistique, car les bras auraient moins de battement. La convergence seule est admissible, et elle donne au Παλίντρονον une supériorité de puissance très-remarquable. Dans l'Εὐθύτρονον, Héron (*Math. vet.* 137, KR. 126 ; W. 104) ne laisse entre les hémitons que la largeur du tiroir. Philon (Th. 64, KR. 278) supprime en quelque sorte cet intervalle. Dans son ὀξυβέλῆς à coin, il fait les pieds-droits jointifs, d'épaisseur renforcée, n'offrant vers le bas qu'une mortaise, pour le passage de la monture et du tiroir. Ἐργασθέντες δὲ σύναρμοι συντίθενται καὶ οὕτως ἦτε διόπτρα διεκόπη καὶ χώρα τῷ τῆς σύριγγος τόρμῳ. D'ailleurs, Philon assigne 6 modules de longueur au battant, et 9 modules au trapèze du Παλίντρονον. Vitruve (Schn. p. 294) confirme les 6 modules du battant et ne donne que 8 modules au trapèze. « Regulæ, quæ est in mensa longitudo foraminum VIII, latitudo et crassitudo dimidium foraminis. . . Exterioris regulæ latitudo et crassitudo tantundem, longitudo quam dederit ipsa versura deformationis et parastatæ latitudo ad suam curvaturam. » Les VIII modules de Vitruve s'appliquent donc à la petite base du trapèze (voir note 207, ci-après). L'autre base, la base extérieure (dit Vitruve, confirmant le τὸ ἐκτὸς μέγος de la Bélopée) a une longueur résultant de la grandeur du biais et de la largeur du pied-droit de flanc. On verra bientôt que les 9 modules de Philon (il faut lire VIII et non VIII dans Vitruve) correspondent à l'entr'axe de 12 modules donné aux faisceaux du Παλίντρονον.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁰⁷ Τράπεζα, *table, mensa* (Vitruve). Cette partie du Παλιντονον a, en effet, la forme d'un trapèze. Peut-être le nom τράπεζα, τραπέzion, fut-il donné au trapèze géométrique à cause de sa ressemblance avec la table du Παλιντονον? *A priori*, une table n'a point la forme d'un trapèze. Τραπέzion, dit Hésychius, σχῆμα τὸ τὰς μὲν δύο πλευρὰς ἀπεναντίας, πρὸς ἀλλήλας ἔχον ἀνίσους, τὰς δὲ ταύτας ἐπιζευγνυούσας, ἴσας. Il s'agit donc du trapèze régulier, forme exacte de la table ou plancher de l'embrasure palintone. Les commentateurs n'ont compris ni cette forme, imposée par le biais des ailes, ni le rôle de cette embrasure, au point de vue balistique. Thévenot (p. 135 et 136) place la τράπεζα en arrière du bâti. Straticio imite cet exemple. Dufour (p. 38) a bien défini la position de la τράπεζα, mais il n'a rien entrevu de l'orientation des battants. Silberschlag (*Mém. cit.* p. 415) traduit : « Supposez deux hemitonion rangés et placés comme il a été dit, sur quelques solives, qui sont distantes, etc. » (Voir Silbersch. pl. X, fig. 2, où l'échelle occupe toute la largeur de l'embrasure!) En outre, l'auteur accuse (p. 414) Vitruve d'avoir écrit au hasard la description de la mensa. Cette description est pourtant fort claire. De Folard (*Comment. sur Polybe*, Amsterd. 1753, t. II, p. 616), assigne à la table le rôle de soutien de l'échelle, qu'il appelle arbrier : « J'imagine, ajoute-t-il, toutes ces raisons pour prouver cette table, parce que je n'en vois aucune autre; car, à parler franchement, cette charpente me paraît un peu superflue; mais, comme il faut respecter l'antiquité, etc. » (!)

³⁰⁸ Τῶν ἀγκῶνων εἰς τὸ ἐκτὸς ἀναπεπλωκότων. (Voir, plus haut, note 166.)

³⁰⁹ Τὴν τοξίτιν νευρὰν κατάγειν. MM. Köchly et Rüstow emploient le terme *aufziehen*, tirer de bas en haut, qui se dit du chien d'un fusil que l'on arme. On le tire, en effet, de bas en haut. Entre κατάγειν et *aufziehen*, tout rapprochement est impossible. C'est un défaut fréquent, chez les savants éditeurs, de négliger trop les analogies figuratives dans l'interprétation du langage technique.

³¹⁰ Δεῖ ἐπιστρέφειν τὰς χοινικίδας. . . ὅπως οἱ ἀγκῶνες τὴν ἀνάπλωσιν ἔχωσι τὴν εἰρημένην (voir, plus haut, note 166). L'insistance que met l'auteur à recommander l'orientation des battants est très-remarquable. Köch. Rüst. (p. 227) traduisent sans comprendre : « Damit die Bogenarme den oben erwähnten Anschlag haben. »

³¹¹ Ἐνεκεν τοῦ τῶν ἀγκῶνων ἄκρα τὴν τοξίτιν δεχόμενα πλεῖον ἀπ' ἀλλήλων ἀπέχειν. (Voir la fig. 9, où tout confirme la convergence des battants.)

³¹² C'est façon de parler. Les deux systèmes n'ont de commun que l'organe balistique *névrotone*, avec les poulies et le treuil de bandage.

³¹³ Voir, plus haut, note 206, l'influence de l'intervalle des faisceaux sur l'amplitude du battement des bras.

³¹⁴ Les Ἀντιστάται du Palintone deviennent Μεσοστάται dans l'Euthytone, par suite de leurs positions différentes dans les deux systèmes. Les pieds-droits de front du Palintone sont situés dans les ailes, loin du centre de la machine; ils se présentent de face aux servants, ἀντιστάται. Les pieds-droits intermédiaires, dans l'Euthytone, sont au centre même du bâti. Et comme on ne les voit que de champ, le nom ἀντιστάτης a pu être changé en μεσοστάτης.

³¹⁵ Τὸ κάτω μέρος τοῦ περιτρήτου. Comme on l'a vu pour la manœuvre du tiroir, τὸ κάτω μέρος indique encore ici la partie postérieure, l'arrière de la table de l'embrasure.

Thévenot traduit : « forma inferioris peritreti, » comme si la table du haut avait une forme différente. En outre, la figure (p. 138-139 des *Math. vet.*) montre la convexité de la table tournée vers l'extérieur. A ce contre-sens formel n'a échappé aucun commentateur. Köch. Rüst. (p. 229) traduisent : « Wird der figur αβγδ der unter Theil der Kalib- » « träger in dem Geradspanner sein. » Voir leur pl. III, fig. 6, qui est très-correcte, mais dont la pl. II, fig. 2, ne tient presque aucun compte. Celle-ci accuse à peine la convexité des tables à l'arrière, et leur assigne une contour polygonal.

²¹⁶ Οἱ δὲ ἀγκῶνες τίθενται . . . ἀναπεπλωκότες πρὸς τοῖς παρασλίταις. Le datif πρὸς τοῖς . . . indique la position des bras au repos. Seulement, dans le *Palintone*, les pieds-droits sont parallèles au plan central des faisceaux, tandis que, dans l'*Euthytone*, ils sont parallèles au plan de tir. Dufour prétend (p. 32) que les bras de l'*Euthytone* « étaient d'acier, » courts, forts, sans flexion sensible. « De là, dit-il, le nom d'*Euthytone*, à tension droite, comme dans l'arc ordinaire » (?) donné à cette machine. Quant à la longueur des bras, Philon (Th. 55, K. R. 254) et Vitruve (Schm. 291-292) leur assignent 7 modules, tandis que ceux du Παλιντονον, d'après les mêmes auteurs, n'ont que 6 modules.

²¹⁷ Selon Maizeroy (*Op. cit.* p. 287, note), une corde de nerfs tordus est plus puissante d'un cinquième, à torsion égale, qu'une corde de crin d'égale grosseur ; elle a aussi plus d'élasticité.

²¹⁸ Pour faire concorder cette règle avec la suivante, il faut admettre que le diamètre du trait est proportionnel à sa longueur, et que le poids du fer y représente une fraction constante du poids total. Dufour (p. 81) évalue le diamètre du trait à $\frac{1}{15}$ de sa longueur, et suppose que le poids du fer égale celui du bois, ce qui paraît assez voisin de la vérité.

²¹⁹ Soient m le poids du boulet en mines et μ le module cherché. Il sera exprimé en doigts par la formule

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 m}. \quad (A)$$

On peut chercher le rapport existant entre le module μ et le diamètre δ du projectile rond du Παλιντονον, de densité égale à $2.75 = \frac{11}{4}$ (marbre, silex, cailloux, etc.) Le volume en doigts cubes, sera $V = \frac{\pi}{6} \delta^3$. Un doigt vaut 19 millim. ; un doigt cube d'eau pèse donc 6.90 grammes. Une drachme vaut 4.363 grammes. Un doigt cube d'eau pèse donc $\frac{6.90}{4.36} = \frac{31}{20}$ de drachme, c'est-à-dire $\frac{31}{2000}$ de mine (1 mine = 100 drachmes).

A la densité de l'eau = 1.00, les V doigts cubes pèsent donc $\frac{1}{6} \pi \delta^3 \times \frac{31}{2000}$ de mine, et, à la densité de $\frac{11}{4}$, ils pèsent m mines. On a donc :

$$m = \frac{\pi \delta^3}{6} \times \frac{31}{2000} \times \frac{11}{4}, \quad \text{d'où } 100 m = \frac{11 \times 31 \times \pi}{4 \times 20 \times 6} \delta^3 = \frac{961}{480} \delta^3$$

ou bien $100 m = 2 \delta^3$. On a donc (A) :

$$\mu = 1.10 \delta \sqrt[3]{2} = 1.10 \times 1.26 \delta = 1.386 \delta; \quad \text{et } \delta = 0.72 \times \mu.$$

Donc enfin

$$\delta = \frac{3}{4} \mu.$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ainsi le diamètre du boulet rond du Παλιντρονον était égal aux $\frac{1}{4}$ du module. Dans l'Εὐ-
θύτρονον, le diamètre (pris au $\frac{1}{4}$ de la longueur du trait) vaudrait $\frac{1}{4}$ de module. On
pourrait dire que les diamètres des deux sortes de projectiles sont complémentaires (leur
somme vaut 1 MODULE); de même que les angles d'orientation de leurs battants respectifs
(par rapport au plan des pivots) ont pour somme UN ANGLE DROIT.

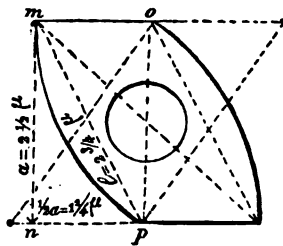
²¹⁰ Voir, plus haut, note 112. Héron d'Alexandrie, Pappus, Archytas, Platon, Phi-
lon de Byzance, Apollonius de Perge, Dioclès, Porus, Ménechme, Ératosthène, Nico-
mède, ont traité le problème de la duplication du cube. (Voir Reiner, *Hist. problem. de cubi*
duplicat. Gottingæ, 1798, in-8°, cité par M. Wescher, p. 119.)

²¹¹ *Math. vet.* 51 et 55; K. R. 244 et 252; Schn. 290 et 293.

²¹² *Math. vet.* 49 à 78; K. R. 240 à 316.

²¹³ Sous le biais normal, de $\frac{1}{4}$ de base pour 1 de hauteur, la quantité $mp = 2 \frac{1}{4}$ correspond
à la longueur $mn = 2.46$ pour l'écusson, soit $\frac{1}{4}$ de la lon-
gueur totale (19 modules) de la machine (voir fig. 53).

Fig. 53. Croquis
de l'Écusson palintone.



$$\text{On a en effet } (2.75)^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} = \frac{5}{4} a^2$$

$$\text{d'où } a = \frac{2 \times 2.75}{\sqrt{5}} = \frac{5.50}{2.23}, \text{ et } a = 2.46.$$

Or $\frac{1}{4}$ de 19 modules = 2.38. L'approximation est de 3
p. o/o. La quantité exacte 2.38 donnerait à l'écusson la
longueur $l = \frac{2.38}{2} \sqrt{5} = 1.19 \times 2.23 = 2.66$ ou $2 \frac{2}{3}$
modules.

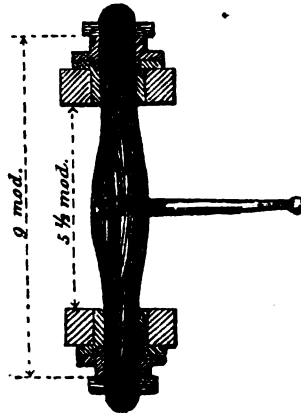
*Vitruve (Schn. 293) dit : « περτεργητος appellatur, cujus longitudo foraminum II. F. Z,
« latitudo duo, etc. Le ms. de Paris 7227 (XI^e siècle) donne : « foraminum ut lati-
« tudo, etc. » Le ms. 10277 de Paris (Olim. suppl. lat. 1009, X^e siècle) donne : « forami-
« num vel latitudo, etc. » Il est évident que les leçons II. F. Z, ut, et rel résultent de la
difficulté de lecture du ms. original. La notation II. F. Z est de Giocundo. Il s'agit d'en
interpréter la valeur.

La quantité II. F. Z se retrouve dans la description de la TORTUE d'Hégétor de By-
zance, que Vitruve (Schn. I, ch. xv, p. 301) traduit d'après Athénée (*Math. vet.* p. 5;
W. p. 22). L'auteur grec cite des montants de 10 doigts d'épaisseur (πάχος δὲ δέκα δακ-
τύλους) cotés crassitudinis F. Z dans Vitruve, les autres dimensions étant exprimées en
pieds. Or 10 doigts = $\frac{10}{16}$ ou 0.625 de pied, quantité très-voisine de 0.667 = $\frac{2}{3}$ trouvés
plus haut en fixant (par analogie avec la Χειροβαλλίστρα) la largeur de la cage au $\frac{1}{4}$ de
la longueur totale de l'engin. De là il faudrait conclure que, dans τρημάτων δύο ἡμισυ
καὶ τέταρτον de Philon, on doit lire καὶ πέμπτον au lieu de καὶ τέταρτον, par suite de
l'altération du texte oncial ΠΕΜΠΤΟΝ en ΤΕΤΑΡΤΟΝ ou encore de Ε̅ en Δ̅. En effet,
τρήματα δύο καὶ ἡμισυ καὶ πέμπτον = 2.70 modules = $2 \frac{2}{3}$ modules, en nombre rond. J'ai
déjà rectifié d'une manière analogue (note 201, plus haut), une autre quantité donnée
en toutes lettres par Philon. Le ms. primitif devait être peu lisible, Philon sachant peut-
être mieux tenir un rabot qu'une plume.

²²⁴ La hauteur s'entend ici de l'épaisseur ou dimension verticale de l'écusson.

²²⁵ Voici le croquis d'une coupe verticale de l'hémiton, suivant l'axe du faisceau :

Fig. 54. Coupe verticale d'un faisceau palintone.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

²²⁶ Silberschlag prétend (Mém. cit. p. 411) que le barillet était hexagonal et muni d'une clef de torsion conforme. Il affirme, en outre, que l'arrêt se faisait au moyen d'une roue à rochet (voir, plus haut, note 205).

²²⁷ *Χωρίς τόρμων*, expression familière aux mécaniciens grecs. On la retrouve dans la *Χειροβαλλίστρα*. Vitruve traduit *præter cardines*. Les anciens, comme les modernes, préfèrent indiquer les dimensions apparentes, en œuvre, comme on dit, d'une construction. Mais ils n'omettent jamais de signaler les excédants cachés par les assemblages.

²²⁸ Dufour croit que ces 9 modules comprennent la hauteur des freins. Philon dit le contraire : *χωρίς επιζυγιδων*. Voir, plus haut, note 224.

²²⁹ Le frein résiste évidemment mieux *sur champ*, et il obstrue moins la lucarne qu'à *plat*. Sa largeur n'est ici que sa hauteur en œuvre. Il n'occupait donc que

$$\frac{1}{5} \mu \times \mu = \frac{\mu^2}{5} \text{ ou } 0.20 \mu^2 \text{ en surface horizontale.}$$

La section de la lucarne est $\frac{\pi}{4} \mu^2 = 0.785 \mu^2$. Le frein n'en obstrue donc que $\frac{1}{4}$. Les vides adjacents ont donc ensemble $0.60 \mu^2$, soit les $\frac{3}{4}$ de l'ouverture totale.

Posé à *plat*, le frein occuperait $\frac{2}{5} \mu^2 = 0.40 \mu^2$, c'est-à-dire moitié de la lucarne et ne laisserait que $\frac{1}{4}$ pour chaque moitié du faisceau. Le frein serait ainsi quatre fois moins rigide que *sur champ*, et le faisceau serait réduit de $\frac{1}{5}$. Kōch. Rüst. ont pourtant (p. 337-338) adopté le frein à *plat*, ce qui fausse tous leurs calculs sur la portée probable des engins *névrotones*. Philon (Th. 60, K. R. 266 et 268) critique déjà très-vivement le frein obstruant la lucarne au détriment du faisceau. De toute manière on devait donc le poser *de champ*. Pour racheter l'espace perdu par le frein, les Romains (Vitruve, Schn. p. 293)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ovalisaient la lucarne, « Foramen autem oblongius sit tanto, quantam epizigis habet cras-
« situdinem. » Comme Philon, Vitruve mesure l'épaisseur du frein à la largeur qu'il occupe
sur le barillet; cette largeur en est donc la moindre dimension, l'épaisseur.

²³⁰ Vitruve (Cod. Par. lat. 7227 et 10277) : « Brachii longitudo foraminum VI. »

²³¹ Il semble tout d'abord que cette grande longueur ne convienne qu'à l'Εὐθύτονον.
Mais le Παλίντονον (voir fig. 9), ayant ses bras au repos presque parallèles au plan de
tir, montre, dans la longueur de la corde, un nouvel argument de plus en faveur du
battement extérieur particulier au système.

²³² A la base arrière, Vitruve (Schn. 294) dit : « longitudo foraminum VIII. » Le
ms. 7227 de Paris donne VIIJ, et le ms. 10277 donne VIII. Le texte primitif portait
probablement VIII. L'épure justifie la donnée de Philon de Byzance.

²³³ Köch. Rüst : « die Federchen, petites plumes, languettes, lèvres. »

²³⁴ Thévenot : « viginti quinque circiter libras! »

²³⁵ Τόνου πλῆθος. Thévenot : « intentionis numerus! »

²³⁶ MM. Köchly et Rüstow (p. 338) rappellent, à ce sujet, l'usage moderne d'évaluer
le poids de la charge en fonction du poids du boulet. Ils supposent cette charge égale à
 $\frac{1}{50}$, et par suite ils affirment que, chez les anciens, elle était de 750 fois le poids du
boulet. Un boulet rond moderne ne dépensant qu'un tiers de son poids en poudre, eût
exigé dans l'antiquité 25 fois son poids en organe moteur, c'est-à-dire 75 fois plus de
matière propulsive. Pour comparer nos bouches à feu avec le système névrotone, il fau-
drait calculer, à portée égale, le prix de revient d'un coup de baliste, en fonction de
l'usure du système, et comparer ce prix de revient avec celui d'un coup de canon sur
un projectile rond ou téliforme de même poids et de même portée.

²³⁷ Τὰ μὲν οὖν λιθοβολικά τῶν ὀργάνων ἔλεγον δεῖν τῷ τρόπῳ συνίστασθαι.

²³⁸ Vitruve (Schn. p. 291-292) : « Brachii longitudo IS foraminum VII. » Tous les
mss. donnent IS, dont le sens paraît indéchiffrable. Peut-être faut-il lire : « longitudo
« ut foraminum VII, » leçon rappelant le ὥς d'Héron d'Alexandrie.

²³⁹ Voir, plus haut, note 166.

²⁴⁰ Dans la chirobaliste, ce biais est également de $\frac{1}{2}$ pour 1, et il converge vers la
crosse, comme celui du Παλίντονον. Dans ma première édition, je l'avais orienté vers
l'avant du système, et je lui assignais une obliquité différente. M. Vincent a fait la même
erreur, sur laquelle il ne subsiste plus aujourd'hui le moindre sujet de doute. Les lettres
de renvoi aux figures, dans les meilleurs manuscrits, et surtout l'analogie avec le tracé
des écussons palintones, m'a permis de restituer définitivement le biais de $\frac{1}{2}$ pour 1, con-
vergeant vers l'arrière de la machine.

²⁴¹ Voir, plus haut, note 183, l'explication de la conjecture de M. de Reffye sur l'orien-
tation des battants palintones.

²⁴² D'accord avec M. de Reffye, M. P. Mérimée se borne à expliquer le terme παλίντο-
νον par la position inverse des bras de ce système, comparé à l'Εὐθύτονον. Ce n'est pas là
une définition, mais une simple description. Dans l'état de repos, l'arc palintone a certai-
nement ses bras dirigés du côté opposé à la tension. Mais ce n'est pas l'état de repos qui a
servi de base aux définitions des machines de jet. C'est leur mouvement de détente, leur

buttement. La désinence *τονον* des termes principaux en est la preuve. Leur définition ne se peut retrouver que dans la comparaison de leurs *mouvements balistiques*.

²⁴³ L'unique endroit mentionnant l'*euthytone*, dans les *Math. vet.*, est d'Athénée (Th. p. 5, lig. 13. W. 14, l. 6) : *Τίθεσι δὲ ἐπὶ τῆς κρηπίδος σύριγγα παραπλήσιαν τῇ ἐν τοῖς εὐθύτονοις γινομένην καταπέλταις*. — « Il (Diadès) installe sur le pied un affût analogue à « la monture des *εὐθύτονα*. » D'un autre côté, Köchly-Rüstow, dans les chapitres de Vitruve, relatifs aux armes de jet, qu'ils ont placés à la suite des Traités de Philon et de Héron d'Alexandrie, transcrivent Vitruve (p. 358) de la manière suivante : « Omnes proportionales *euthytonorum* ratiocinantur ex proposita sagittæ longitudine. » On induirait de là que *εὐθύτονον* était un terme familier aux Romains. Malheureusement tous les manuscrits et éditions portent : « Eorum organorum... » Je le répète, la signification primitive des termes *παλίντονον* et *εὐθύτονον* fut tout abstraite. C'était une conception purement géométrique. La pratique ne put s'en accommoder. Les termes *σκορπιοί*, *ὄξυβελεῖς*, *καταπάλται*, *λιθοβόλοι*, *πετροβόλοι*, chez les Grecs ; *scorpiones*, *catapultæ*, *balistæ*, chez les Romains, envahirent au contraire de très-bonne heure le vocabulaire de l'artillerie. Athénée, cité plus haut, est très-ancien. Son traité *περὶ Μηχανημάτων* est dédié à Marcellus, au vainqueur d'Archimède. Athénée tenait peut-être du grand géomètre lui-même la notion des *εὐθύτονα* et des *παλίντονα*. Cela confirmerait encore, jusqu'à un certain point, la tradition qui attribue à Archimède les *Βελοποιικά* d'Héron, disciple de Ctésibius. Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 91) emploie également le terme *παλίντονον*, mais par nécessité, afin de distinguer le *pierrier à double buttant* de l'engin *μονάγων* : *Τοῖς πετροβόλοις ἄνω βαλλόντας, τοῖς παλιντόνοις καὶ τοῖς μοναγκῶσι*. — Athénée (Th. 3. W. 8) emploie également le terme *Καταπάλτης παλίντονος*.

²⁴⁴ *Olymp.* II, v. 67 : *Στάδιον μὲν ἀρίστευσεν εὐθύτονον ποσσὶν τρέχων...*

²⁴⁵ Le scholiaste d'Homère explique ainsi ce terme : *Εἰς τοῦπίσω τεινόμενον ἐλκόμενον*, in Θ [266, O, 443] ubi poeta : *παλίντονα τόξα τιταίνων*. Hésychius explique également *παλίντονα* pour *ὀπισθοβόμενα ἢ τὰ ἐπὶ θάτερα τρεπόμενα*, *fléchissant par recul en ployant dans les deux sens*, ce qui est peu intelligible. Homère l'emploie encore (*Od.* Φ, II, 59, et *Il.* K, 459). Apollonius de Rhodes, 7, 69, dit de l'arc des Arabes : « Ἀράβιοι δὲ... τόξα παλίντονα εἶχον πρὸς δεξιᾷ, μακρά. »

²⁴⁶ *Atlas*, pl. VII, fig. 5 et 13.

²⁴⁷ Selon Mérimée, Eustathe donne la même explication qu'Hésychius. « Je pense, « ajoute le savant académicien, qu'Eustathe veut dire que ces arcs ont une forte courbure « lorsqu'ils sont bandés. En effet, la distance entre la corde tendue et la poignée de l'arc « oriental est au moins deux fois plus grande que dans un arc ordinaire. Charles Lenormand, dans sa thèse latine pour le doctorat, a publié un vase grec représentant un « Apollon scythe ayant un arc *palintone*. On en voit un semblable entre les mains d'un « Scythe qui le bande agenouillé, sur un des vases d'argent trouvés à Kertch, aujourd'hui « au musée de l'Ermitage. Enfin on pourrait encore citer le Pâris, peinture d'Herculanum, et un certain nombre de monuments céramiques. » (*Monit.* 6 nov. 1867.)

La flexibilité de l'arc *παλίντονον* est certaine. Les branches recourbées développent plus de longueur que l'arc simple. La corde y est, au contraire, plus courte que dans ce

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

dermier. Les pointes du *palintone* convergent, en effet, vers le centre de l'instrument. Le V formé par la corde, lorsque l'arc est bandé, est donc plus *allongé* et plus *fermé* que celui de l'arc simple. L'effet balistique est donc plus considérable. Les mêmes qualités distinguent, dans les grosses machines, le système *παλιντονον*. Sa puissance est $3 \frac{1}{2}$ fois celle de l'*εὐθύτονον*. (Voir n° 245 et 246, p. 86-88.)

De l'arc scythique, signalé par Mérimée, il est curieux de rapprocher un passage d'Athénée (*Dipnosoph.* X) rapporté par Juste-Lipse (*Poliorcet. Lib.* p. 184) : « Un berger, « dit-il, voulant exprimer le nom de Thésée, en comparant chaque lettre du mot ΘΗΣΕΥΣ « avec une forme analogue, dit de la troisième lettre :

« Elle ressemble à un arc scythique, *ῥ*. »

C'est l'arc *παλιντονον*.

²⁴⁸ Voir, plus haut, note 31.

²⁴⁹ Silberschlag (*Mém. cit.* p. 382) assigne simplement aux deux systèmes la fonction de lancer des *traits* ou des *pierres*. Ailleurs (p. 401) : « *παλιντονον*, parce que ses bras n'étaient pas tendus au moyen d'une corde unique, comme les *εὐθύτονα*, mais parce qu'on les bandait avec deux cordes, qui allaient d'un bras à l'autre. » De Folard n'a point aperçu la différence des deux systèmes. Selon lui, l'*euthytone* d'Héron est la *catapulte μονάγων*, à *battant unique*, et le *palintone* est une machine à *bras latéraux* (comme l'*euthytone* de la Béléopée). Voir, à ce sujet, son *Comment. sur Polybe*, Amsterdam 1753, t. II, p. 598 à 608. — Meister (*op. cit.* p. 11) hésite à émettre une opinion : « Verum « enim vero, neque jacula semper directe in scopum tendebant, nec lapides semper jactu « obliquo. » L'amplitude de l'angle lui paraissait donc une base au moins confuse. Meister ajoute : « Quæ vero rectius vocantur *palintona*, quoque inter hanc vocem et promiscuos « lapidum telorumque jactus, intercedat cognatio, *Hero non exposuit, nec ego divinare au- « sim.* » Dufour (*Mém. cit.* p. 32) dit que *εὐθύτονος* vient de *tension droite*, « à la manière « d'un arc ordinaire ; » et que *παλιντονος* (p. 37) convient aux machines « dont les ailes se portent en avant et forment comme un arc renversé. » Le savant officier est d'ailleurs le premier qui ait songé (p. 9) à distinguer, parmi les engins antiques, les machines à *tir rasant*, de celles à *tir retombant*. Köchly-Rüstow (p. 318-320) adoptent cette classification, et cherchent à y rattacher l'*εὐθύτονον* et le *παλιντονον*. Selon eux, cette destination est *si claire*, que les anciens ont jugé superflu de la définir. Dans l'*euthytone*, l'angle du tir était variable, mais fixé à 45 degrés pour le *palintone*. Ils invoquent à l'appui de cette opinion, le témoignage de Philon, dont ils faussent à leur insu la pensée. La thèse est insoutenable. M. Vincent avait également les mêmes idées sur la différence entre les deux systèmes. (Voir *Monit. univ.* 21 mai 1862, un article de lui, intitulé : *De la balistique chez les anciens.*)

²⁵⁰ *Mém. cit.* p. 70.

²⁵¹ *Mém. cit.* p. 71.

²⁵² *Aid. mém. des officiers d'artillerie*, p. 431.

²⁵³ *Aid. mém. précit.* p. 430.

²⁵⁴ Voir plus haut, not. 165.

²⁵⁶ La Bélopée fournit trente-sept exemples d'ἀνάγειν, κατάγειν et dérivés. Philon de Byzance, dans l'extrait que j'en donne plus loin, contient quatorze exemples analogues. La description de l'engin πολυβόλον et de la machine ἀερότονον du même Philon compte, en outre, vingt-neuf autres applications des termes ci-dessus, ce qui porte à QUATRE-VINGTS le nombre des exemples attestant, pour tous les engins indistinctement, l'inclinaison permanente du tir.

²⁵⁶ *Mém. cit.* p. 59.

²⁵⁷ *Mém. cit.* p. 60.

²⁵⁸ *Mém. cit.* p. 63.

²⁵⁹ *Mém. cit.* p. 64.

²⁶⁰ *Mém. cit.* p. 67.

²⁶¹ *Mém. cit.* p. 66.

²⁶² *Mém. cit.* p. 67 et 68, et pl. IX, fig. 20.

²⁶³ Suivant M. Dufour (p. 65) Philon assigne « 9 diamètres à la longueur du câble, « les épizyges (freins) comprises. » Or Philon dit expressément le contraire : *χωρίς ἐπιζυγῶν* (Th. 53; KR. 250), *sans compter les freins*. Ceux-ci ayant chacun $\frac{2}{3}$ de module en hauteur, la longueur du faisceau sans torsion est de $c = 9 \frac{4}{5} d = 9.80 d$. D'un autre côté Philon, dit M. Dufour (p. 65), « assigne 6 diamètres au bras. » Mais il n'en résulte pas que le bras de levier moyen du battant soit de six modules. D'après l'épure, ce bras de levier, distance de l'attache de la corde archère à l'axe du faisceau, est seulement $R = 5$ modules. Enfin M. Dufour affirme (p. 65) qu'il y avait : « 10 diamètres entre les câbles, de centre à centre. » Comme il suppose que le palintone avait ses battants saillants sur les flancs du bâti, et que le grand écartement des pivots lui semble alors embarrassant, le savant officier cherche à réduire cette quantité en la fixant à 10 modules. En fait, l'entr'axe des faisceaux palintones est de 12 modules et le battement a lieu sur l'avant de l'engin.

Dans son calcul sur l'euthytone, M. Dufour commet des erreurs analogues. Il suppose (p. 79) que le faisceau, freins compris, avait $7 \frac{1}{2}$ modules, et le bras de levier du battant 7 modules. Or l'euthytone n'avait que 6 modules (*χωρίς ἐπιζυγῶν*), soit $c = 6 \frac{4}{5} d = 6.80 d$, de dehors en dehors. Suivant Philon le battant de l'euthytone avait 7 modules. Son bras de levier moyen était $R = 6$ modules. Enfin l'entr'axe des pivots, de 5 modules suivant Dufour (p. 80), n'était que de $3 \frac{1}{2}$ modules.

²⁶⁴ Voir n° 236, De l'inclinaison du jet.

²⁶⁵ Cet angle résulte de l'épure reconstruite sur les données certaines des textes. Dans la χειροβαλλίστρα, le battement n'est que de $53^{\circ} 8'$ (complément de celui de l'euthytone). Cela tient à ce que la flexibilité des ressorts n'admet pas autant de course que l'élasticité des faisceaux. Le métal rachète ce défaut par une vigueur moyenne plus grande.

²⁶⁶ Les gros pierriers servaient contre les ouvrages de fortification. Les petits pierriers et les oxybèles contre les troupes. Philon (*Math. vet.* 78 à 114) indique les divers calibres usités pour l'attaque et la défense des places, par terre et par eau, savoir :

1° Le ταλαντιαῖος πετροβόλος (Th. 85) pierrier de 1 talent (pierre = 26 kilog.). Les assiégeants cherchaient à l'établir sur les remblais protégeant la triple enceinte des fos-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

sés de la place. Aussi, donnait-on à ces levées une largeur en couronne moindre que la longueur de l'engin (12 coudées = 5^m,40); et leurs talus étaient obstrués par des plantations. Ce type est l'ancêtre du canon du 48 (ancien).

2° Le δεκαμναῖος πετροβόλος (Th. 91) *pierrier de 10 mines* (pierre = 4 $\frac{1}{2}$ kil.), dressé sur le rempart, et dirigé par couple contre les machines de l'assiégeant. Il servait aussi (Th. 93) à la défense des bourgs et villages. Ce type est l'ancêtre de notre canon de 8 (ancien).

3° Le τριταλантаῖος πετροβόλος (Th. 91) *pierrier de 3 talents* (pierre = 78 kil.), dirigé contre les tours roulantes et autres ouvrages de l'attaque. Archimède (Athén. Dipnos: V, 43) avait armé de huit de ces pierriers, qui lançaient également des traits de 12 coudées à 1 stade, son grand vaisseau la Ville de Syracuse. Voir plus haut note 134.

4° Le καταπέλτης τρισπίθαμος (Th. 93) *catapulte de 3 empan* (trait = 0^m,68) servait à la défense des bourgs, et aussi (Th. 99) à repousser l'assiégeant des tranchées. Ce modèle figurait au siège de Syracuse (Diod. Sic. cité par M. Miller, *Journal des Savants*, mars 1868, p. 189.)

5° Le εἰκοσαμναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 20 mines* (pierre = 8 $\frac{1}{2}$ kilog.) établi par couple, à l'entrée et de chaque côté du chenal d'un port menacé d'une attaque par mer. Ancêtre du canon de 16 (ancien).

6° Le τετραμναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 4 mines* (pierre = 1 $\frac{1}{2}$ kilog.) pour la défense des tours auxiliaires, établies entre la ville menacée et la mer.

7° Le τριακονταμναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 30 mines* (pierre = 13 kilog.) pour la défense des places maritimes à distance de la mer. Ancêtre du canon de 24 (ancien).

8° Le δωδεκαμναῖος πετροβόλος (Th. 98) *pierrier de 12 mines* (pierre = 5 $\frac{1}{2}$ kilog.) pour l'attaque d'une place maritime. Ancêtre de 12 (ancien).

9° Le καταπάλτης πεντασπίθαμος (Th. 98) *catapulte de 5 empan* (trait = 1^m,15) servant par couple à la défense d'une place maritime.

10° Le διμναῖος πετροβόλος (Th. 99) *pierrier de 2 mines* (pierre = $\frac{2}{3}$ kilog.) contre l'assiégeant dans la tranchée.

²⁶⁷ *Mém. cit.* p. 79.

²⁶⁸ Ces quantités sont probablement exagérées. M. Dufour cherche avec raison à justifier ses formules par les données de l'histoire. Mais, si l'on considère que les *balistes* romaines, citées par lui (p. 70), étaient *palintones*, c'est-à-dire de force environ *quadruple* de celle de l'*euthytone*, on verra qu'il prend quatre fois trop grande la tension initiale des faisceaux. Athénée, *De machinis* (Th. 3; W. 8) cite la catapulte d'Agésistrate, ἔχων τόνου μνᾶς δώδεκα, et qui lançait à 3 $\frac{1}{2}$ stades (650 mètres) un trait de 3 empan = 36 doigts = 0.684. Dufour traduit : « lorsqu'elle avait 12 mines de tension, » c'est-à-dire 5 $\frac{1}{2}$ kil. par centimètre carré, qu'il introduit (p. 60) dans sa formule de la tension initiale. Il est douteux que les anciens aient eu la notion d'une *quantité de force par unité de surface*. Le τόνου μνᾶς δώδεκα serait plutôt le *poids même des faisceaux*. Philon (Th. 54; KR. 254) évalue ce poids à *vingt-cinq fois celui du projectile*. Telle est la notion fondamentale que possédaient les anciens. Quant à la tension, ils l'évaluaient d'après le *son musical*, rendu par les vibrations du faisceau (Vitruve, *Schn.* p. 296; voir aussi note 277, plus loin.) En prenant $\frac{1}{2}$ pour densité du bois, et supposant le fer du trait égal au poids du bois, on

calcule que la flèche *τριπίθαιμον* pesait environ 220 grammes, soit $\frac{1}{4}$ mine (la mine pesant 436 grammes); soit $\frac{1}{14}$ du poids du *ton* donné par Athénée. Ce qui justifie la règle de Philon. Celle-ci, prise dans le sens le plus strict, assigne au trait un poids de 210 grammes, auquel on arrive en prenant 0.55 pour densité de la baguette. Or, d'après Claudel (*Formules*, p. 28), l'osier pèse 0.543 et le peuplier 0.528. A *module égal*, le *trait* euthytone pesait donc autant que le *boulet* palintone.

Soit μ le module, m le poids du boulet. On a vu plus haut (note 219) que

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 m}; \text{ d'où } \mu^3 = 133 m, \text{ et } m = \frac{\mu^3}{133}$$

Et comme $\mu = \frac{\lambda}{9}$, (λ étant la longueur du trait),

$$\text{on trouve} \quad \mu = \frac{\lambda^3}{133 \times 729} = 0.000103 \lambda^3.$$

$$\text{Pour } \lambda = 36 \text{ doigts, on a } \mu = 14 \quad \text{et } m = \frac{64}{133} = 0.48.$$

et, comme la mine vaut 436 grammes,

$$\text{On a donc } m = 436 \times 0.48 = 210 \text{ gr.}$$

c'est-à-dire, à $\frac{1}{10}$ près, le poids prouvant que *τόνου μνᾶς δώδεκα* est celui des *faisceaux*. Au reste, il est probable que m vaut ici $\frac{1}{4}$ mine, soit $m = 220$ grammes.

²⁶⁹ *Math. vet.* p. 49 à 78; Kōch. Rüst. p. 240 à 316. C'est le quatrième d'une série de traités spéciaux, dont les premiers sont perdus. Nous avons encore le livre V (Th. 78 à 114) qui traite de la *construction* et de la *défense des places*. Le préambule du livre IV parle du livre III, qui traitait de la *construction des ports*, *Λιμενοποιικά*. Philon de Byzance était donc ingénieur, dans toute l'acception du mot.

²⁷⁰ J'ai démontré, en plusieurs endroits de Philon, que ses erreurs théoriques proviennent souvent des copistes qui, ne saisissant plus la pensée mathématique de l'auteur, ont pu la transcrire à leur guise, en mutilant un texte à tous égards si vénérable.

²⁷¹ Leur traduction est généralement précise; mais les savants éditeurs n'ont pas bien saisi le détail des *ressorts chalcotones* de Ctésibius. Ils n'ont pas mieux rendu non plus la *chaîne sans fin* de la machine *polybole*, dont Meister lui-même, en son lucide commentaire sur cette machine (Gottingæ, 1768, in-4°), n'a pas saisi partout l'ingénieux mécanisme.

²⁷² On s'est abstenu, dit M. Wescher (*Introd.* p. xii) d'y joindre les deux livres de Philon de Byzance, PARCE QU'ILS MANQUENT DANS LE MANUSCRIT DE MYNAS, et qu'il eût fallu se contenter de les réimprimer, d'après les sources moins anciennes et moins pures auxquelles Thévenot avait déjà puisé. M. Wescher nous apprend cependant (*ibid.* p. xxv) que le *λόγος Δ* de Philon figure sous le n° 12, dans le manuscrit 1164 du Vatican, auquel il accorde une valeur de premier ordre; puis sous le n° 6, dans le manuscrit 219 du Vatican; enfin (*ibid.* p. xxvii) sous le n° 11, dans le manuscrit 2442 de Paris, dit de Médicis, et considéré par M. Wescher comme aussi précieux que les manuscrits de Mynas et du Vatican. A la vérité, le manuscrit 2442 (*olim* 2174) a fourni à Thévenot le livre IV de Philon (*Math. vet.* p. ix). Mais on pouvait le collationner avec les textes du Vatican. Thévenot est incorrect en maint endroit, notamment dans les quantités numé-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

rales. J'ai démontré (plus haut, note 201) que les dimensions indiquées *en toutes lettres* par Philon, ou transcrites de cette manière par un copiste qui les lisait *en chiffres* sur le texte original, ne méritent qu'une confiance relative.

²⁷³ *Tās óφρῦς*. Thévenot traduit : « *supercilia circumdata*. »

²⁷⁴ L'objection est très-fondée. La *largeur limitée* des madriers où l'on découpait les *écussons* imposait une *limite fâcheuse à la puissance* des machines. Philon tourna la question en *supprimant complètement les écussons*, comme on le verra dans son *Ὀξυδελές à coin*.

²⁷⁵ *Ἀνατρήσεις*, entailles placées au-dessus.

²⁷⁶ Voir, plus haut, fig. 8.

²⁷⁷ Le *tendeur*, *ἐντόνιον* est décrit dans les *Βελοποιικά* (Th. 139, KR. 228, W. 107). Il consistait en deux montants, analogues aux *longerons* d'une échelle, réunis par quatre traverses ou *barreaux*, dont l'écartement, variable à volonté, était maintenu ensuite à l'aide de coins. Aux extrémités des longerons étaient montés deux treuils. Le bâti de l'engin étant tout prêt pour recevoir le faisceau, on l'installait entre les longerons du tendeur, de manière à l'assujettir entre les deux barreaux intermédiaires, convenablement rapprochés. Le tendeur reposait horizontalement sur des tréteaux. « On attache alors, » dit Héron (Th. 139, KR. 230, W. 108), l'extrémité du cordon à l'un des freins, « et l'on introduit l'autre dans un trou foré en regard sur l'un des treuils. On le tend jusqu'à réduction d'un tiers dans le diamètre du cordon. On fixe alors celui-ci contre le barillet, à l'aide d'un outil à bec (*περιστομῆς*), et on le détache du treuil. Puis, le faisant passer à travers les lucarnes, on le conduit jusqu'au second treuil; et ainsi de suite, « en retirant successivement le cordon du treuil, grâce à l'outil à bec. Cet outil consiste en un manche de bois, de deux ou trois palmes [8 à 12 doigts = 0^m.154 à 0^m.231], ayant à son extrémité une entaille correspondante à la grosseur du cordon. Pour achever de garnir les lucarnes, on se servait, en outre, d'aiguilles permettant d'introduire le cordon dans un espace de plus en plus resserré. » Vitruve (Schn. p. 295) décrit également le tendeur. Quant au degré de tension des brins, Vitruve le définit ainsi : « *Uti . . . extenti rudentes . . . æqualem in utroque sonitus habecant responsum*. » Et plus loin : « *Ita . . . ad sonitum musicis auditionibus catapultæ temperantur*. » Enfin (Schn. t. I, p. 7) Vitruve dit : « *Musicen autem sciat oportet (architectus), uti . . . balistarum, catapultarum, scorpio-num temperaturas possit recte facere . . . suculis et vectibus e nervo torti funes non præcluduntur nec præligantur, nisi sonitus ad artificis aures certos et æquales fecerint*. » Philon de Byzance (Th. 61, KR. 270) dit également : Ἄμα ἐκτείνειν ἰσως καὶ ὁ μοτονοννῶς (τοὺς στήμονας ἅπαντας).

²⁷⁸ Ἐν γὰρ ταῖς τοξείαις καὶ ταῖς πυκναῖς καταγωγαῖς.

²⁷⁹ Voici le résumé de la théorie de Philon de Byzance, par lui-même :

1° Dans l'*Ὀξυδελές* construit par lui, chaque *demi-faisceau* est *rectiligne, vertical*, et placé *au droit de l'autre*. Le *battant* est logé *entre les deux*. La *torsion* est *supprimée*; et une *entente meilleure* du mécanisme *névrotone* a eu pour effet d'*augmenter la portée*.

2° Philon a *supprimé barillets et lucarnes*, vu leurs nombreux et graves inconvénients. Il a formé *un seul pied-droit* des deux montants intermédiaires, et couronné le tout, dans le plan des pivots, d'un fort *tasseau en fer*, saillant à droite et à gauche du pied-droit

central unique. Sur les abouts du tasseau, il enroule librement les cordons, en les serrant au point que permet la main. Le frein de fer est surmonté d'un second frein ou tasseau en bois, à dos arrondi, sur lequel successivement les brins viennent s'enrouler.

3° Philon a ainsi résolu le problème de la prompte et commode installation des faisceaux.

4° Son procédé supprime en outre le tendeur. Les brins sont tendus à la main, un à un, jusqu'à ce qu'ils rendent tous le même son (*ἴσως καὶ ὁμοτονούντως*). Mais ce n'est là que la mise en train du montage.

5° La suppression des barillets permet d'améliorer l'aspect des machines. Philon a donné à la cage la forme d'une sorte de portique. N'est-ce pas le précurseur du *καμάριον* de la chirobaliste ?

6° Enfin, outre la durée du montage, le système de Philon réduit les frais de construction de l'engin lui-même.

Philon explique ensuite le remarquable procédé de bandage, qui lui permet de supprimer la torsion, à l'aide de coins de bois amincis, qu'il introduit, à coups de maillet, entre le frein de fer soutenant le faisceau et le tasseau de bois superposé au frein. Ces coins sont aussi nombreux qu'on le juge convenable. Dès que le faisceau accuse le degré de tension voulu, on rogne à la scie les têtes saillantes des coins. Inversement, pour démonter le faisceau, on arrache les coins, à l'aide d'un outil spécial. Le système se détend à l'instant, sans autre difficulté.

Telle est l'ingénieuse solution due à Philon de Byzance. Elle ne paraît pas avoir été connue de Vitruve, qui n'a décrit que le système des barillets de torsion, les seuls usités alors, probablement, dans l'artillerie romaine.

²⁸⁰ Thévenot traduit : « Ejusque instrumenti constructio [cum] nondum divulgata sit. »

Mais le grec dit : *τῆς τε κατασκευῆς οὕτω διαδεδομένης* et non *οὕτω*.

²⁸¹ *Κατακλεῖς* (voir, plus haut, note 173). Thévenot traduit : « Jugulum ! »

²⁸² L'idée de transformer d'abord en machines à ressorts les engins à flèches fut la plus naturelle et la plus logique. Ces engins étaient de petit calibre, et les premiers ressorts métalliques eurent de médiocres dimensions. Les pierriers ne servaient que dans les travaux de siège. En campagne, au contraire, les armes de jet portatives se réduisaient à l'arc, à la fronde et au gastraphète primitif. Les ressorts métalliques résolurent la question de réduction du poids des catapultes. Le chalcotone de Philon, perfectionnement de celui de Ctésibius, était euthytone. La chirobaliste palintone en fut une heureuse transformation. Quant à la généralisation du système, on a vu dans Végèce les archers romains renforcés par les *manubalistarii* armés, selon toute apparence, d'engins à ressorts métalliques.

²⁸³ *Τὸ μὲν ἡμιτόνιον αὐτοῦ ἐπιπίπτει κατὰ τὴν πτέρναν τοῦ ἀγκῶνος ἐν τῷ ἐκτὸς μέρει τοῦ πλινθίου, καὶ βιάζεται τὴν πτέρναν εἰς τὰ ἐντὸς* : La moitié du faisceau s'appuie contre le talon du bras, dans la région regardant l'EXTÉRIEUR du bâti, et elle refoule le talon vers la région INTÉRIEURE. Il s'agit ici de l'euthytone, où le talon du bras ne sortait point de la cage. Les expressions *ἐν τῷ ἐκτὸς μέρει* . . . *εἰς τὰ ἐντὸς* ont donc ici la même signification que dans les *Βελοποιικά*, et désignent l'avant et l'arrière de la machine, séparés par le bâti. (Voir notes 166, 183 et 255.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

²⁸¹ ὅτι τάχιστα δυναμένων τῶν ἀγκῶνων ἀναπτίπειν μακρότατα τὸ βέλος ἀποστέλλει.

²⁸⁵ Τῇ τοῦ ἀγκῶνος ἀναπίπτει.

²⁸⁶ Ἀνακινούντας τοὺς ἀγκῶνας. Ce passage, comme les deux précédentes notes (284 et 285) confirme le fait de l'inclinaison du tir, même dans les engins εὐθύτονα ou ὀξυβελεῖς, par le choix des termes ἀναπτίπειν, ἀναπίπτωσις, ἀνακινεῖν.

²⁸⁷ Ce raisonnement n'est pas rigoureusement exact. Chaque demi-faisceau fournit moitié de l'impulsion; et les deux réunis constituent un couple, dont le moment mesure l'intensité de l'effort balistique. Ce moment se calcule sur le produit de la résistance de chaque demi-faisceau par la distance des centres de gravité respectifs. A force égale, le battement est d'autant plus intense, d'autant plus prompt, que les deux faisceaux sont plus distants l'un de l'autre.

²⁸⁸ Πολὺ τάχιστα οἰσθήσεται, sera entraîné plus vite. En remplaçant vitesse par force vive, j'épargne à Philon une erreur réfutée par les principes de la pesanteur.

²⁸⁹ ὅτι τῷ μείζονι βάρει καὶ ῥοπῇ πλείων. Ici ῥοπῇ exprime avec justesse l'idée de force vive. Philon en avait conscience, et il confond plutôt les termes que les idées.

²⁹⁰ Thévenot traduit : « Porro autem quando funes ex nervis constant et similes habebant intensionem ac priores, virtus dimidiatorum funium tolli non potest. » (!)

²⁹¹ Εἰς τὴν καταγωγὴν ἀντιπράσσοντα (voir note 286).

²⁹² Dufour (*Mém. cit.* p. 27) n'a point compris ce raisonnement, assez confus d'ailleurs, de Philon de Byzance. Celui-ci devait dire : « On conclut donc, avec raison, que les efforts des demi-faisceaux, au lieu d'actionner le bras de part et d'autre de sa direction, pouvaient être réunis en un seul, de force égale à leur somme, et appliqué contre le talon du battant. Mais, dans cette hypothèse, comment le bras eût-il pu recevoir l'impulsion d'un effort unique (ἐδύνατο ἂν ὑπὸ τοῦ μόνου κρατεῖσθαι)? Il fallait donc lui procurer un point d'appui, un pivot, etc. etc. » Sous cette forme, la discussion de Philon montre clairement la filiation de l'inversion des ressorts métalliques, et elle constitue pour l'histoire un précieux témoignage. Dufour n'y voit que la pure et simple adjonction des ressorts aux faisceaux. « Ces faisceaux, dit-il, assimilables à ceux d'une voiture, sont comprimés par le talon du bras, qui traverse le tonon (τόνος, faisceau). » Et il donne (pl. VI, fig. 11, 12 et 13 bis de son Mémoire) la solution graphique correspondante, de pure fantaisie. A son exemple, M. Vincent (*Chirob.* 1866, pl. III et IV) et IV) emploie les ressorts comme auxiliaires de l'élément névrotone. Il réduit celui-ci à « un simple rudiment » (p. 10, 11), afin de soustraire la machine aux inconvénients signalés par Philon, c'est-à-dire à l'humidité, à l'usure rapide des nerfs, etc. — Köchly et Rüstow ont judicieusement supprimé les faisceaux du Χαλκότονον. Toutefois le dispositif des pivots de leur engin est inexact (pl. V, fig. 2, 3, 4 et 5 de leur ouvrage).

²⁹³ La catapulte de 3 empan, c'est-à-dire d'un trait de 36 doigts, avait pour module 4 doigts. Dans la chirobaliste, dont le module est de $3\frac{1}{4}$ doigts, les ressorts ont 3 modules de long, $\frac{1}{2}$ module de large, et environ $\frac{1}{6}$ de module d'épaisseur; mais ces ressorts sont d'acier. En supposant au bronze du χαλκότονον de Philon la même élasticité, ses ressorts auraient pour dimensions les nombres restitués entre crochets dans notre traduction. Ce qui rétablit, en effet, les trois dimensions absentes. La longueur et la

largeur ainsi calculées sont très-rationnelles. Dans le modèle d'essai de Philon, la cage mesurait en dedans $3 \frac{1}{2}$ modules = 14 doigts de haut (voir, fin du chapitre II, dimensions de l'euthytone; et Th. p. 55; KR. 254). Les ressorts de 12 doigts pouvaient donc s'y loger, et même se redresser complètement, sans toucher les tablettes. Philon déclare que ces ressorts étaient isolés du bâti et retenus par des armatures spéciales. Quant à leur épaisseur, évaluée ci-dessus à $\frac{1}{12}$ de doigt, elle est incertaine *a priori*, à cause du bronze écroui dont ces ressorts étaient formés, et dont le coefficient d'élasticité est inconnu.

²⁹¹ Τὰ κοῖλα πρὸς ἀλλήλας συζεύξαντες. Thévenot : « Sibi invicem cavitates conjungendo. » !

²⁹² Ἐκροτοῦντο δὲ ψυχραί. Thévenot : « Laudabantur autem frigidæ. » !! Il prend le battage du bronze pour un battement de mains.

²⁹³ Ἀντὸς δὲ ἐπολεύετο περὶ ὀχέα σιδηροῦν παρακείμενον ἐκτὸς τῆς τοῦ ἀγκῶνος ἐπιφανείας. Thévenot et Köchly-Rüstow écrivent *περιοχέα* d'un seul mot. Cependant le sens et la répétition du mot *ὀχέας* un peu plus loin prescrivent de lire *περὶ ὀχέα*, que Thévenot traduit par *circa ansam*. — De ce que le *collier de fer, traversé par le bras*, en touchait par dehors la surface adjacente, il n'en faut pas conclure, avec Köchly et Rüstow, que le pivot était placé sur le côté du bras. Ils traduisent bien : « Welcher an der äußeren Oberfläche des Bogenarmes anliegt. » — Et *anliegt*, comme *παρακείμενον*, exprime la *juxtaposition*. Mais les savants éditeurs interprètent (pl. V, fig. 3 et 15) cette juxtaposition, en plaçant le pivot à côté du bras, tandis que l'auteur dit simplement que le collier embrassait la surface du bras logé dedans.

²⁹⁷ Cette interprétation littérale du texte montre que, dans le *χαλκόντονον* primitif, le système du pivot était l'inverse de celui que reçut depuis la chirobaliste. Dans celle-ci, le battant porte les boutons saillants ou crapaudines mâles, et les chapes sont fonction de crapaudines femelles. Dans le *χαλκόντονον*, la crapaudine femelle est ajustée sur le battant même et dissimulée sous l'ornement du *κισσόφυλλον*; et l'axe du pivot fournit les crapaudines mâles.

²⁹⁸ Καταγομένης τῆς τοξευτῆδος (voir, plus haut, note 286).

²⁹⁹ Ainsi les modèles d'engins à ressorts de Ctésibius et de Philon étaient *euthytones*. Les ressorts remplacèrent, dans l'*oxybèle* du temps, les *faisceaux de fibres*, et l'effort balistique fut transporté au talon des battants. Ceux-ci faisaient saillie à droite et à gauche de la cage. La *chirobaliste* emprunta au *χαλκόντονον* le principe des ressorts, mais au bronze elle substitua l'acier. En outre, les battants de l'engin d'Héron étaient *pulintones*, système plus puissant, plus ramassé et mieux approprié que les précédents au service en campagne, où les combattants se trouvaient d'ordinaire serrés les uns contre les autres.

³⁰⁰ Ἐν μὲν τῇ καταγωγῇ (voir, plus haut, note 286).

³⁰¹ Κεράτων ! Thévenot lit *περάτων* et traduit par *extremitatum* ! Köchly et Rüstow ont bien compris qu'il s'agit de *corne élastique*.

³⁰² Κατάγουσι (voir note 286).

³⁰³ Κατευτονεῖν (voir note 286).

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

1, A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁰⁴ *Νεανικῶς*, à l'instar d'un jeune homme, avec rapidité, vivement. Thévenot traduit par *fortiter*, et Köchly-Rüstow par Kräftig, avec force. Mais, deux lignes plus bas, Philon recommande d'éviter la violence. Il s'agit simplement d'un *battage rapide et soutenu*.

³⁰⁵ *Ψύξεις καὶ κροτήσεις*, l'action du froid et du battage. Philon oppose cette double méthode à celle de la *chaude*, qui ramollit les métaux. Il doit donc entendre par *ψύξεις* le *refroidissement artificiel*, par exemple la *trempe par l'eau froide*. La désinence de *ψύξης* indique l'action de *refroidir*. La trempe était donc connue des anciens, comme une propriété particulière à l'acier. Philon se garde bien de l'appliquer à ses ressorts de bronze. Il n'en parle qu'au sujet des épées celtiques et espagnoles, dont les Romains, au dire de Polybe, ne connurent jamais le secret de fabrication (voir, plus haut, note 136). Philon n'en pouvait donc parler que par conjecture. A la vérité, il semble en attribuer l'élasticité au battage.

³⁰⁶ Cet effet remarquable d'un battage méthodique est très-nettement expliqué par Philon, dont le raisonnement prouve que les anciens avaient une notion exacte des *lois de la flexion*. M. le général Morin (*Leçons de mécaniq. prat.* Paris, 1853, in-8°, p. 124-146) attribue à Galilée les premières recherches théoriques sur cette importante question. L'hypothèse de Galilée, admise ensuite par Mariotte et Leibnitz, suppose que *toutes les fibres d'un corps fléchissant s'allongent à partir de la surface concave*. Les expériences de Duhamel (*Du transp. de la conserv. et de la force des bois*) démontrèrent, en 1767 seulement, la fausseté de cette hypothèse. Continué et confirmé en 1811 par M. Charles Dupin, elles ont prouvé en définitive que *les fibres des faces fléchissantes travaillent également, les unes à l'extension et les autres à la compression*. — Or Philon savait fort bien que la *partie centrale* de la pièce *supporte le minimum de fatigue*, et que ce sont les *surfaces opposées, perpendiculaires à l'effort fléchissant, qui travaillent le plus*. Peut-être ne distinguait-il pas, dans le travail de ces surfaces, l'*extension* de la *compression*. Quoi qu'il en soit, sa *théorie du battage est rigoureusement d'accord avec les idées modernes*; et, en admettant même que Philon n'en soit point l'auteur, on ne peut contester aux Grecs le mérite d'avoir appliqué avec réflexion, il y a vingt siècles, une théorie dont la recherche a égaré Galilée, Mariotte et Leibnitz.

³⁰⁷ Ce passage n'a pas empêché M. Vincent de conserver à la *chirobaliste* (p. 35 et pl. III, IV, de son opuscule, 1866) un organe *névrotone* avec ses accessoires. M. Dufour (*Mém. cit.* pl. VI) a commis la même erreur au sujet du *χαλκότονον*. (Voir, plus haut, *Introd. Hist.* § XI et notes 84 et 85).

³⁰⁸ *ὁ τόνος*. Philon applique aux *ressorts* le nom usuel des faisceaux *névrotones*. Le terme *τόνος* possède une signification très-générale; on le retrouve encore dans la description de l'engin *ἀερότονον* de Ctésibius (Th. p. 77, KR. p. 312). Thévenot se trompe ici en traduisant *τόνος* par *funis*, *corde* ou *câble*.

³⁰⁹ *Καὶ τοὺς ἀγκῶνας δὲ ἐστὶν ἐξελεῖν*. Thévenot traduit : « Sed et cubitos nullo negotio eximere licet, extractis vectibus. » Contre-sens.

³¹⁰ Philon critique ensuite l'idée primitive de Ctésibius, qui remplaça d'abord l'organe *névrotone* par un *faisceau* analogue de *rubans métalliques juxtaposés*. Cet essai échoua, mais Philon en explique mal la cause. Il est certain que la réduction du ressort total à

deux lames arc-boutées fut un progrès considérable, dû en principe à Philon de Byzance et porté à une haute perfection dans la *Chirobaliste* d'Héron d'Alexandrie.

³¹¹ *De architect.* X, 1 (*Schn.* t. I, 269; III, 240).

³¹² Voir la première partie, § IV.

³¹³ Ce passage concerne la distinction à établir entre les *machines* proprement dites, *MACHINÆ*, et les outils, instruments ou engins, *ORGANA*. Selon Vitruve, la machine est un multiplicateur de force, comme la baliste et le pressoir à treuil, où la force se trouve emmagasinée par le travail de plusieurs personnes, *pluribus operibus aut vi majore coguntur*. Les outils et instruments se recommandent plutôt par la précision que par la puissance de leurs effets. Un seul homme suffit à leur mise en œuvre : *unius operæ* (alias *opere* ou *ope*) *tactu perficiunt quod propositum est*. Cette distinction ne suffit plus à la mécanique moderne. Toute machine puissante peut opérer avec précision, et le moindre outil peut exiger beaucoup de force. A quelle limite deviendra-t-il machine? Lorsque, répond Vitruve, il correspondra au travail de plusieurs hommes... Cette classification peut sembler puérile. Remarquons cependant la tendance, antique à coup sûr, à prendre pour équivalent du travail d'une machine celui d'un ou de plusieurs hommes, considérés comme moteur-unité. Le cheval-vapeur moderne n'est que le rajeunissement d'une définition dont Vitruve nous offre ici une trace incontestable.

³¹⁴ *Tranq.* 11, fin : « *Versatio rerum sursum ac deorsum euntium.* » — Et *Quest. nat.* VI, 21 : « *Quum terra quatitur et sursum ac deorsum movetur.* »

³¹⁵ Barbaro voit dans les *Anisocycla* (*sic*) des filets de vis, comme ceux d'un pressoir. Les cheveux en tire-bouchon forment encore, selon lui, des *anisocycles*. Perrault suppose sous ce nom un ruban métallique enroulé en spirale. En 1863 (*Lettre à M. Vincent*, p. 39, note 1) j'avais fait la même conjecture, sans savoir que Perrault m'avait devancé. Selon Stratico les *anisocycles* sont des roues dentées. Freund, traduit par M. Theil, rend *anisocycla* (*sic*) par manivelle.

³¹⁶ *Lib.* X, c. xv (*Schn.* t. I, p. 290-292). Vitruve dit expressément que le scorpion et le catapulte sont *névrotones* « *tenduntur nervi torti, qui brachia continere debent.* » Ces engins étaient d'ailleurs munis de treuils. Ils constituaient, aux yeux de Vitruve, de véritables machines.

³¹⁷ Venise, 1497, in-f°, sans commentaire ni figures. Köchly et Rüstow (*Op. cit.* 349) mentionnent comme édition princeps celle de Sulpicius. Rome, 1486, dont l'édition de Venise n'est qu'une réimpression.

³¹⁸ Vitruve (*Schn.* t. III, p. 240).

³¹⁹ Venise, 1511, in-f° avec figures et commentaire. Sauf quelques restitutions heureuses, les conjectures de Giocundo sont très-souvent téméraires.

³²⁰ *Cod. Par. lat.* 10277 (*olim* 1009) f° 73 recto. Daté au catalogue.

³²¹ *Cod. Par. lat.* 7227, f° 39 verso. Daté au catalogue.

³²² *Cod. Par. lat.* 7228, f° 34 recto. Daté au catalogue.

³²³ *Cod. Par. lat.* 7382, f° 134 verso. Daté au catalogue.

³²⁴ *Schn.* t. III, 240 : Sulp. *Latiniso scidorum*. Guelf. *Latinisocyclorum*. Wrat. *Latini-suscitolorum*. Franek. *Latiniso cyclorum*. Colton. *Latinisocyclorum*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³²⁵ Michaud, *Biogr. univ. art. Vitruve*.

³²⁶ Schn. t. III, 240 : « Ex Colton. *Latiniſocyclorum Is. Vossius, apud Bondum*, p. 343, *efficiebat, seu latinis oscillatorum*. Latinorum enim ludus seu artificium oscillatorum usus et « quidem ab ipso rege Latino, pertinetque ad ἀποβατικήν. » Un peu plus loin, Schneider conclut : « Ex script. lib. *Wrat. licet axiculatorum conjicere*. »

³²⁷ L'identité presque absolue des dimensions des engins de Vitruve et la conformité des altérations du texte, dans les divers manuscrits, en sont la preuve. Schneider affirme que la restitution définitive du texte de Vitruve serait impossible par la voie purement diplomatique.

³²⁸ *De Pallio*, 1, fin : « Aries... trabes machinæ est quæ muros frangere militat. « Illam dicitur Carthago prima omnium armasse in *oscilli penduli* impetus. » Freund, trad. Theil : « *Oscillum*, balancement, mouvement oscillatoire, balançoire. »

³²⁹ Trois. part. *Chirob.* § III, note a.

³³⁰ Voir plus haut, deuxième partie, p. 66. Dans le *palintone*, l'angle du battement était de 73° 44', double de 36° 52', battement de l'*euthytone*. Cela résulte des épures construites sur les données de Philon de Byzance. Dans le système *névrotone*, la tension croît plus vite que l'angle de torsion. Les expériences de Dufour (*Mém. cit.* p. 64 et 66) ont mis le fait en évidence. Pour 36° 52', la force du battement à son extrémité est de 0.365; tandis qu'elle est de 1.006 pour 73° 44'. Avec les *ressorts métalliques*, toutes choses égales d'ailleurs, la tension croît proportionnellement à l'angle du battement. Le *palintone* à ressorts donnera donc une tension double environ de celle de l'*euthytone*. Mais il y a plus de course avec des battants plus courts, circonstance très-favorable à l'augmentation de la force vive. Dans la *chirobaliste*, la longueur des bras n'est que moitié de celle des battants *palintones* ordinaires; et leur battement est de 53° 8', complément du battement *palintone*. Les anciens fabriquaient difficilement des ressorts de grande flexion. Ils y remédiaient en raccourcissant les battants, en diminuant l'angle du battement, et en plaçant les pivots aussi près que possible des ressorts balistiques.

³³¹ *Bell. Gall.* VII, xxv : « *Scorpione* ab latere dextro trajectus exanimatusque concidit. » — *Hirt. Bell. Afr.* 29 : « *Scorpione* accuratius misso... reliqui perterriti fuga se in cas- « tra receperunt. »

³³² *Hirtius, Bell. Hisp.* 13 : « Simulque *balista* missa a nostris turrem dejecit. » *Id. Bell. civ.* II, 2 : « *Asseres pedum XII*... maximis *balistis* missi, per IV ordines cratium « in terra deligebantur. » La baliste lançait donc à l'occasion de grands traits, de véritables poutrelles armées de pointes métalliques.

³³³ *Bell. civ.* II, ix : « Ne aut tela tormentis missa tabulationem perfringerent, aut saxa « ex *catapultis* lateritium discuterent. »

³³⁴ *Bell. civ.* II, ix : « *Castella* constituit ibique tormenta collocavit. — *Ibid.* IV, xxv : « Atque inde fundis, sagittis, tormentis hostes propelli ac submoveri jussit. » *Ibid.* « Inusi- « tato genere tormentorum permoti barbari constiterunt. » *Ibid.* VIII, xli : « Ad hæc sus- « tinenda magno usui fuisse tormenta. » — *Bell. civ.* I, vii : « Tormenta in muris dispo- « suit » — *Ibid.* II, ii : « Tantaque multitudo tormentorum, ut eorum vim nullæ contextæ « viminibus vineæ sustinere possent. » — *Ibid.* II, ix : « Fenestrasque quibus in locis visum

« est ad tormenta mittenda in struendo reliquerunt. » — *Ibid.* III, IX : « Præsectis omnium
 « mulierum capillis. » — *Ibid.* III, LI : « Tantum oberata nostro castello ut telum tormen-
 « tumve missum adigi non posset. » — *Ibid.* III, LVI : « Uti ne in eam telum tormentumve
 « adigi non posset. » — *Hirt. Bell. Gall.* VIII, XIV : « Unde tormento missa tela in hos-
 « tium cuneos conjici possent. » — *Id. Bell. Afr.* XX : « Tela tormenta ex navibus in
 « castra comportare. » — *Ibid.* XXIX : « Propter egregiam munitionem oppidi et tormento-
 « rum multitudinem. »

³³⁵ *Bell. Afr.* XXXI.

³³⁶ Βελοποικία (Th. 122, KR. 202, W. 74).

³³⁷ *Voyage dans la haute et basse Égypte*, Paris, an X (1802) grand in-f°, *Atlas*,
 pl. CXXX.

³³⁸ Même ouvrage, *Atlas*, pl. CXXXIV.

³³⁹ *Orig. de tous les cultes*, Paris, 1822, in-8°, *Atlas*, pl. dernière; échelle $\frac{1}{11}$.

³⁴⁰ Même ouvrage, *ibid.* Même échelle.

³⁴¹ *Dict. des sciences natur.* Entomologie, *Aptères*, p. 56.

³⁴² *Métam. mœurs et instincts des Insectes*, Paris, gr. in-8°, 1868, p. 687 (*Arachnide*).

TROISIÈME ET QUATRIÈME PARTIE.

³⁴³ Voir n° 91.

³⁴⁴ *De Arch.* lib. X (Schn. t. I, chap. II à X, p. 269 à 290).

³⁴⁵ Athénée (*Dipnos.* V, 40).

³⁴⁶ Vitruve, *op. cit.* lib. IX, c. 8 (vulgo IX). Voir Schn. I, 259-260.

³⁴⁷ Ovide, *Métam.* II, vers 13-14.

³⁴⁸ *Deuxième partie*, n° 155 à 225.

³⁴⁹ Voir plus haut, n° 202; et Th. 53. KR. 250.

³⁵⁰ Voir plus haut, *CHIROB.* § III, δ.

³⁵¹ *Ibid.* § III, α.

³⁵² *Ibid.* § III, α.

³⁵³ *Ibid.* § III, ζ.

³⁵⁴ *Ibid.* § I, ε et ζ. La longueur de la monture est de 52 doigts. On en retranche,
 d'un côté, 28 doigts, et de l'autre 17. Il reste 7 doigts pour la longueur conservée.

³⁵⁵ Voir *Math. vet.* p. 55, KR. 254.

³⁵⁶ Voir plus haut, *CHIROB.* § I, ε.

³⁵⁷ Voir ci-dessus, note 354.

³⁵⁸ *CHIROB.* § I^{re}, β.

³⁵⁹ Voir le tableau détaillé des dimensions de la Chirobaliste, p. 216 et suivantes.

³⁶⁰ Voir *CHIROB.* § III, δ.

³⁶¹ *Ibid.* § III, δ.

³⁶² *Ibid.* § III, β.

³⁶³ 1 doigt = 19 millimètres. On a donc $\frac{1}{11}$ doigt = 0^m,0016, soit environ 1 $\frac{1}{2}$ milli-
 mètre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁶⁴ Prendre $\overline{AB} = 3 \frac{1}{2}$ doigts et $\overline{CD} = 2$ doigts, axes de l'ovale, et décrire sur chacun d'eux une circonférence. Dans la grande, inscrire un demi-hexagone $\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB}$. Mener $\overline{OM}$ et $\overline{ON}$, qui coupent la petite circonférence en K et L. Joindre $\overline{CK}$ et $\overline{CL}$, et prolonger jusqu'en I et J, points de l'hexagone. Prendre $\overline{AP} = \overline{AI} =$ et $\overline{BV} = \overline{BJ}$. Joindre $\overline{IPQ}$ et $\overline{JVQ}$. Les centres cherchés sont P, Q, V. — Le 4^e centre S est symétrique de Q, par $\overline{OS} = \overline{OQ}$. Le triangle $\overline{PQV}$ est équilatéral. — La méthode est générale; mais, dans les voûtes surbaissées à plus de $\frac{1}{3}$, elle donne en I et J des *jarrets* désagréables à l'œil. On lui substitue alors l'anse à 5 ou 7 centres.

³⁶⁵ En désignant par a le demi-grand axe, par b le demi-petit axe, par R et r les rayons cherchés, on trouve

$$R = \frac{1.732 a - b}{0.732} = 2 a - r \quad \text{et} \quad r = \frac{b - 0.268 a}{0.732}$$

Pour $b = 1$ et $a = \frac{1}{2} (3.25) = 1.625$, on trouve $r = 0.771$ et $\frac{1}{2} a = 0.812$.

La différence est donc $(\frac{1}{2} a - r) = 0^d.041$, soit $0^m.00078$ (ou moins de 1 millimètre). Ainsi P est à $\frac{1}{4}$ de millimètre du milieu de $\overline{AO}$.

On trouve de même $R = 2.48$. Or $a + b = 2.625$. On a donc $\overline{QX} = 0^m.00276$. Le centre Q est donc très-voisin de la circonférence du grand diamètre.

³⁶⁶ Sur le grand axe, supposé *seul connu*, décrire une circonférence $\overline{AMB\bar{N}}$. Prendre C et D milieux de $\overline{OA}$ et de $\overline{OB}$. Mener $\overline{MN}$ perpendiculaire à $\overline{AB}$. Joindre $\overline{NC}$ et $\overline{ND}$. Les trois centres sont C, N, D. Prendre M symétrique de N. Les arcs $\overline{KA\bar{E}}$ et $\overline{HB\bar{F}}$ déterminent $\overline{EF}$ et $\overline{KH}$, et par suite le demi-petit axe est $\overline{OG}$. L'*excentricité* $\overline{CD}$ de l'ovale est égale au *demi-grand axe*. — Cette propriété suffit pour caractériser l'OVALE ANTIQUE : ses 3 centres sont les sommets d'un triangle de base égale à sa hauteur.

³⁶⁷ On a, en effet :

$$R = a + b, \quad R = \overline{CN} + \overline{CE} \quad \text{ou} \quad R = \overline{CN} + \frac{a}{2},$$

or

$$\overline{CN} = \sqrt{\overline{CO}^2 + \overline{ON}^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} = \frac{a\sqrt{5}}{2},$$

d'où

$$R = \frac{a}{2} + \frac{a\sqrt{5}}{2} = 1.62 a$$

et

$$b = R - a = 0.62 a.$$

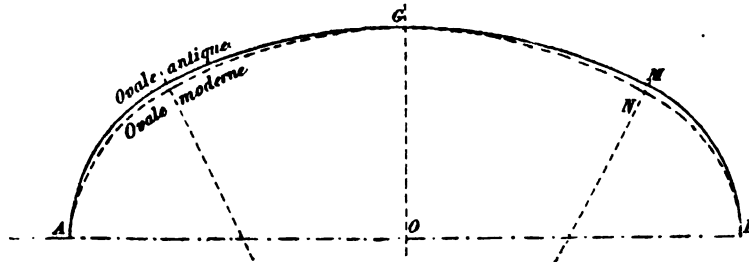
donc

$$\frac{b}{2a} = 0.31.$$

³⁶⁸ En superposant l'ovale antique de 0.31 de montée, avec celui obtenu pour les mêmes dimensions à l'aide du tracé moderne, on trouve que la *courbe antique enveloppe* l'anse moderne, dont elle s'écarte notablement au droit de la soudure des arcs (voir fig. 55). La courbe antique offre donc *plus de débouché* que l'anse moderne, sans la moindre apparence de *jarret*. L'anse à 3 centres ne s'applique jamais aux voûtes pour

un surbaissement inférieur à $\frac{1}{3}$ ou 0.33, auquel on peut substituer toujours celui de 0.31, qui présente les avantages ci-dessus.

Fig. 55. Comparaison de l'ovale antique avec l'anse de panier moderne.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁶⁹ Mon savant et très-regretté maître, feu M. Morandière, Inspecteur général des ponts et chaussées, a bien voulu me signaler un rapprochement curieux entre les deux méthodes ci-dessus comparées. Chacune d'elles est un cas particulier du *procédé général* suivant (voir fig. 29, p. 155) : — Décrire des circonférences sur les 2 axes. Prendre $\overline{MN}$ corde quelconque PARALLÈLE à $\overline{AB}$. Joindre $\overline{OM}$ et $\overline{ON}$, qui coupent en K et L la circonférence décrite sur le *petit axe* $\overline{CD}$. Joindre $\overline{AM}$ et $\overline{NB}$; puis mener $\overline{CK}$ et $\overline{CL}$, prolongées jusqu'en I et J, intersections avec $\overline{AM}$ et $\overline{NB}$. Enfin, par I et J, mener $\overline{IP}$ et $\overline{VJ}$, parallèles à $\overline{OM}$ et à $\overline{ON}$. Prolonger $\overline{IP}$ et $\overline{JV}$ en Q. Les 3 centres cherchés sont P, Q, V.

Voir d'ailleurs la note et l'épure consacrées par l'éminent ingénieur à l'anse de panier d'Héron d'Alexandrie, p. 173 et pl. XXXIV (fig. 3), tome I, de son savant *Traité de la Construction des ponts et viaducs en pierre, etc.* (Paris, in-4°, 1874, Dunod).

³⁷⁰ CHIROB. § III, ε.

³⁷¹ Ibid. § III, η.

³⁷² Id. *ibid.*

³⁷³ CHIROB. § III, ζ.

³⁷⁴ Ibid. § IV, α.

³⁷⁵ Ibid. § III, α.

³⁷⁶ Ibid. § III, γ.

³⁷⁷ Voir plus haut, 2^e partie, n° 180; et *Math. vet.* 132; KR. 218, W. 94.

³⁷⁸ CHIROB. § III, ε. — Le cadre des *καρσέστρια*, de dehors en dehors des brides, mesure 4 doigts de largeur, savoir :

Intervalle des montants	3 $\frac{1}{2}$ doigts.
Épaisseur des 2 montants	0 $\frac{1}{6}$
Épaisseur des 2 branches d'étrier	0 $\frac{1}{4}$
Épaisseur des 2 brides	0 $\frac{1}{6}$
ENSEMBLE	4 doigts.

³⁷⁹ CHIROB. § III, ζ.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁸⁰ CHIROB. § III, η.

³⁸¹ *Ibid.* § III, ε̄.

³⁸² *Ibid.* § III, γ̄.

³⁸³ C'est la saillie du creux sphérique au-dessous de l'étrier. La profondeur totale du creux de la chape est donc de

$$\frac{2^d}{3} + \frac{2^d}{3} = \frac{4}{3} \text{ doigt.}$$

³⁸⁴ Notamment du manuscrit 2438 de Paris, dont M. Vincent (*Chirob.* pl. IV) a publié la figure. Dans ce cas, κύλινδρος rappellerait simplement une surface de révolution.

³⁸⁵ CHIROB. § III, ζ̄.

³⁸⁶ Le mot σμφυής, dans les auteurs techniques, se dit tantôt de deux parties d'un objet faisant corps entre elles, tantôt de deux pièces assemblées par un moyen artificiel.

³⁸⁷ CHIROB. § III, ζ, et note 39 du commentaire paléogr. — α' δ' (Thév.) ᾱ και δ' ou Ᾱ και δ' (Vincent, Wescher).

³⁸⁸ Poliorcét. p. 130.

³⁸⁹ CHIROB. § IV, note * de la traduction française.

³⁹⁰ CHIROB. § IV, ᾱ.

³⁹¹ CHIROB. § IV, γ̄.

³⁹² *Ibid.* § IV, γ̄.

³⁹³ *Ibid.* § IV, γ̄.

³⁹⁴ *Ibid.* § IV, ε̄.

³⁹⁵ Cette méthode de découper d'un seul morceau une pièce, avec ses appendices, apparaît, dès le § I de la Ξεριοβαλλίστρα, dans la description du mode de confection du tasseur, découpé sous la coulisse (voir § III, note l de ma traduction française). Elle s'applique également aux arcs-boutants de l'échelette, et sans doute à la voûte du καμάριον (portique). De toutes les manières d'assembler ces divers appendices avec leurs maîtresses pièces, le découpage est certainement la plus sûre et la plus économique.

³⁹⁶ CHIROB. § IV, γ̄.

³⁹⁷ M. Vincent (*Op. cit.* p. 59) conclut de là que le texte présente en cet endroit une lacune, qu'il essaye de combler en donnant aux longerons une épaisseur de 2 doigts et aux tenons (sabots) une longueur de 2 doigts. A son exemple, M. Wescher indique la lacune par des points suspensifs : πάχος δὲ . . . ἐκάστου τῶν κτλ., sans chercher à la remplir. Il n'y a pas de lacune ici, la figure donnant, dans l'intention de l'auteur, la forme exacte des sabots.

³⁹⁸ En effet, par hypothèse (fig. 35), J est à $(2 \frac{1}{4} + 3) = 5 \frac{1}{4}$ doigts de $\overline{DC}$, et à 1 doigt de $\overline{AD}$. Car E est à 1 doigt de $\overline{DC}$; $\overline{EK} = 1$ doigt $\frac{1}{4}$, et $\overline{KJ} = 3$ doigts.

Ensemble $(1 + 1 \frac{1}{4} + 3) = 5 \frac{1}{4}$ doigts.

$$\sin \overline{ADJ} = \frac{1.00}{5.25} = 0.18105,$$

d'où

$$\overline{ADJ} = 10^\circ 26',$$

et

$$\overline{JD} = \sqrt{1 + \left(5\frac{1}{4}\right)^2}$$

$$\overline{JD} = 5.345 \text{ doigts} = 5\frac{1}{3} \text{ doigts.}$$

Comme $\overline{FDA} = 26^\circ 34'$, il vient $\overline{LDJ} = 10^\circ 26' + 26^\circ 34' = 37^\circ 0'$.

On a donc

$$\overline{LD} = \overline{JD} \cos 37^\circ.$$

$$\overline{LD} = 5.345 \times 0.799 = 4.27 \text{ doigts}$$

D'où

$$(1) \quad \overline{\beta G} = \frac{2.27}{2} = 1^d.135 \quad \text{et} \quad \overline{\beta D} = 3^d.135.$$

Or, en supposant que $\overline{\beta\gamma}$ passe par $\overline{P}$, on a

$$\overline{PD} = 3\frac{1}{2} \text{ doigts,}$$

et

$$\overline{\beta G} = \overline{PD} \cos \overline{\beta DP} = 3^d\frac{1}{2} \times \cos 26^\circ 34'$$

$$(2) \quad \overline{\beta G} = 3.50 \times 0.894 = 3^d.13.$$

Les valeurs (1) et (2) de $\overline{\beta G}$ sont donc identiques.

³⁹⁹ Le *cosinus* du *biais* $\alpha = 26^\circ 34'$ est en effet 0.894; soit, en nombre rond, les $\frac{9}{10}$ du rayon.

⁴⁰⁰ Voir *Math. vet.* p. 43; KR. p. 250.

⁴⁰¹ Schn. t. I, p. 294 : « *Exterioris regulæ latitudo et crassitudo tantundem : longitudo quam dederit ipsa versura deformationis et parastatæ latitudo ad suam curvaturam.* » Le mot *parastatæ* n'est pas certain. Les manuscrits de Paris 7227 et 10277 donnent *parastatice*. La leçon vraie serait *peritrete*, et le passage se traduirait ainsi : « La longueur (de la base extérieure du trapèze) résultera de la grandeur du biais (des ailes) et de la largeur de l'écusson (*peritrete*) en fonction de sa courbure (latérale). »

⁴⁰² CHIROB. § IV, η .

⁴⁰³ C'est la longueur, suivant la corde, de la *côte arquée extérieure*. L'auteur ne l'indique qu'en vue de la *planchette à découper* pour confectionner les *arcs-boutants*. Il indique également, par des longueurs *droites*, les portées des *étriers* et des *leviers balistiques*.

⁴⁰⁴ Voir CHIROB. § IV, note o de la traduction française.

⁴⁰⁵ M. Vincent (*Op. cit.* p. 61 et pl. III, fig. 8) fait des arcs-boutants des équerres doubles, simulant les *chapiteaux* des *colonnettes*. Il leur donne « 8 ou 9 (?) doigts de longueur. » Dans son *Comment. paléogr.* (*ibid.* p. 60, note 20), il se demande si la vraie longueur n'est pas $\overline{ia} = 11 \text{ doigts}$. Dans ma première édition, j'avais corrigé $\overline{a}$ de Thévenot en $\overline{id}$, provenant du rétablissement de l'*iota* et de la correction onciale $\overline{A} = \overline{\Delta}$.

⁴⁰⁶ Voir *Math. vet.* p. 138; KR. p. 228; W. p. 105 et n° 195 du présent ouvrage.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁰⁷ Entre la *planchette* des arcs-boutants et le dessous de la monture, il y a un intervalle de 1 doigt, occupé par une *fourrure* ou *tasseau* indiqué par les figures de tous les manuscrits. Sa longueur étant de $4 \frac{1}{4}$ doigts, il convient de lui donner $2 \frac{1}{4}$ doigts de largeur. Au droit du *tasseau* les arcs-boutants présentent également une *entretoise* de même largeur, *découpée dans la planchette* et clouée avec le tasseau sous la monture.

¹⁰⁸ Le *gril* est en arrière de la cage, suivant la tradition de l'euthytone. M. Vincent (*Op. cit.* pl. III, fig. 9, et pl. IV, fig. 2) tourne les arcs-boutants à contre-sens.

¹⁰⁹ CHIROB. § IV, β . Voir aussi note g de la traduction française du même paragraphe.

¹¹⁰ CHIROB. § IV, $\bar{\epsilon}$.

¹¹¹ D'après Philon (Th. 53 et 55, KR. 250 et 254, et n° 206 du présent ouvrage), le bâti du *palintone* a $5 \frac{1}{4}$ modules de hauteur en dedans, et le bâti de l'euthytone $3 \frac{1}{4}$ modules. Selon Vitruve (Schn. t. I, 290), la hauteur en dedans de ce dernier est de 4 modules. Vitruve semble d'accord avec Philon pour les $5 \frac{1}{4}$ modules du *παλιντονον*. Le bâti ou portique de la chirobaliste, moins long comparativement que celui du *palintone*, doit aussi se trouver plus surbaissé.

¹¹² Ces quantités correspondent à 2, 2², 2³ et 2⁴.

¹¹³ CHIROB. § III, β .

¹¹⁴ CHIROB. § I, β .

¹¹⁵ CHIROB. § IV, $\bar{\delta}$, et note k de la traduction française.

¹¹⁶ Une distraction de copiste est ici d'autant plus probable, que la phrase précédente (§ IV, $\bar{\epsilon}$), relative à l'entretoise de l'échelette, se termine déjà par les mots τὸ δὲ πλάτος δακτύλους δύο ἡμισυ ou $\overline{BC}$, séparés du passage ci-dessus par une ligne et demie seulement. Le copiste a donc pu emprunter à la phrase précédente le dernier membre de celle des colonnettes, lequel est identique, sauf la dimension finale. La confusion de δακτύλο YC $\overline{BC}$ avec δάκτυλο NENA serait inadmissible.

Le § IV (Καμάριον et Κλιμάκιον) présente, dans tous les manuscrits, la trace de plusieurs distractions des copistes. La confusion des lettres indicatives de la division εἰς τρία ἴσα en est un exemple. Mais ces distractions proviendraient d'un *manuscrit original unique*, quoiqu'elles se retrouvent dans les deux séries de manuscrits, considérées pourtant comme dérivant d'une double source primitive.

¹¹⁷ Πάχος conviendrait mieux ici que πλάτος : τὸ δὲ πάχος δάκτ. ἐνν.

¹¹⁸ CHIROB. § IV, $\bar{\delta}$.

¹¹⁹ Introd. hist. n° 124 à 131.

¹²⁰ CHIROB. § IV, β , et note f de la traduction française.

¹²¹ Ibid. § IV, β et note g de la traduction française.

¹²² Ibid. § IV, $\bar{\alpha}$.

¹²³ Ibid. § IV, β .

¹²⁴ Voir plus haut, note ¹²⁰. Ma première conjecture sur la forme du toit, après avoir rétabli l'orientation des καμβέσθηα, fut que l'aile était peut-être découpée en patte de scorpion, rappelant le nom primitif de la manubaliste. L'examen de l'insecte m'a convaincu que ses pattes se refusent absolument à la pose requise par le biais palintone (voir fig. 16). Néanmoins, dans l'euthytone, appelé aussi scorpion par la Belpoée, ἀπο τῆς

περί τὸ σχῆμα ὁμοιότητος, les pattes de l'insecte pouvaient très-facilement figurer sur la tablette supérieure du bâti, dont le centre était évidé en voûte, simulant peut-être le dos même du scorpion. Dans ces conditions, le scorpion primitif fut euthytone. Mais sa transformation en palintone à battants courts et à cage plus longue, avec les fuisseaux relégués dans les ailes, fit abandonner l'ornement primitif, et l'on y substitua la double main symbolique, qui fit nommer l'engin χειροβαλλίστρα. La longueur de sa cage est moyenne entre celles du palintone et de l'euthytone. La machine est euthytone par sa monture et sa largeur réduite, et palintone par l'orientation de ses battants. Quant aux bras raccourcis, le principe en est très-ancien. Plutarque appelle σκορπίους βραχυτόνους les scorpions employés par Archimède dans la défense de Syracuse.

⁴²⁵ Il est très-remarquable que les lignes du contour de la main et de l'avant-bras concourent toutes, soit aux sommets du rectangle enveloppant l'échelette, soit en des points de son périmètre déjà rencontrés par des lignes de l'épure rigide. J'ai expliqué (Intro. histor. n° 131 à 141) comment les anciens, à ce qu'il semble, réussissaient à concilier le naturel de l'attitude d'un objet vivant avec les formes mortes d'un objet rigide, auquel ils le voulaient associer, en cherchant à le suspendre, en quelque sorte, par des attaches idéales, aux axes principaux du canevas géométrique. Dans la χειροβαλλίστρα, l'attitude de la main est toute naturelle. Elle tient le ressort, dont ses doigts semblent provoquer la flexion. La position du ressort a déterminé l'attitude de la main. Quant à l'avant-bras, il va rejoindre sans affectation les flancs de la voûte. Il est certain que le tracé de l'échelette, des sabots, du gril et de la voûte, a été déduit après coup de la silhouette des mains décoratives, préalablement étudiée par un habile artiste. L'ingénieur a succédé au statuaire, mais il s'est conformé à ses indications. Les lignes du contour de la main, orientées sur les sommets remarquables de l'épure, étaient ainsi retrouvées sans tâtonnement, et avec toute leur pureté, par l'artisan chargé de les découper dans la tablette du toit.

⁴²⁶ Math. vet. 55; KR. 254 et n° 224 du présent travail.

⁴²⁷ Par la formule $R = \frac{c^2 + f^2}{2f}$, en posant $c = (\frac{1}{3} \text{ corde}) = 8^d$ et $f = (\text{flèche}) = 4^d$.

⁴²⁸ CHIROB. § I, ε, et note l de la traduction française.

⁴²⁹ Id. Ibid. L'hypothèse erronée de M. Vincent donnerait à la coulisse une section courante démesurée (67^{mm} sur 86^{mm}).

⁴³⁰ Ce mode d'assemblage n'est point mentionné dans le texte. C'est le plus simple de tous, et partant le plus vraisemblable.

⁴³¹ CHIROB. § I, γ.

⁴³² Dans l'euthytone, le module était de $\frac{1}{4}$ de la longueur du trait (Voir plus haut, n° 220.)

⁴³³ Dans l'arc, c'est la baguette du trait qui mesure la course totale de la corde, témoin Ammien Marcellin, *Rer. gest.* xiv, 1, cité note ¹⁵ du présent travail.

⁴³⁴ Voir fig. 55.

⁴³⁵ Χειρολάβη, manette. Outre la conformité étymologique, l'usage de la pièce en question rend le mot manette préférable à poignée. Une manette se tient, en effet, avec les doigts rabattus, sans le concours du pouce, comme dans le cas actuel. Une poignée exige l'intervention de toute la main, comme une tige ou un manche allongé.

⁴³⁶ CHIROB. § II, $\bar{a}$, et note b de la traduction française.

⁴³⁷ Le texte ne dit rien de ce *bouton d'amarrage* du tiroir. A la vérité, il exige que le tiroir soit à *fond de course*, tandis que, dans les engins *névrotones*, les *crémaillères* latérales de la *monture* et les *cliquets* du *tiroir* permettaient de fixer le *bandage* de la machine à un *degré quelconque*, suivant la portée à atteindre. Rien ne fait supposer que la chirobaliste fût munie de ce mécanisme compliqué et lourd.

⁴³⁸ La cote $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{I}\bar{A}$ ou $\bar{I}\bar{a} = 11$ doigts est donnée par les manuscrits de Paris 2438, 26 *suppl. grec* et 224 *suppl. grec*, ainsi que par l'édition de Baldi. Les autres manuscrits et Thévenot donnent $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$ ou $\bar{e} = 5$ doigts, qui correspondent à la *queue de la gâchette* et non au point d'encastrement de la fourchette, expressément indiqué par Héron. M. Wescher écrit $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$.

Dans ma première édition, j'avais respecté la cote de Thévenot. Mais, comme je plaçais alors la cage à 17 doigts de la crosse, au lieu des 28 doigts que j'observe aujourd'hui, ma batterie ne présentait pas la longueur exagérée que la leçon $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$ ferait rejeter comme impraticable. On verra plus loin pourquoi, dans la chirobaliste, la batterie a une forme nécessairement allongée. On verra également que la cote $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{I}\bar{a}$ correspond exactement à la longueur nécessaire. M. Vincent l'a adoptée pour la *gâchette* et son *pivot*; mais il place le serpentéau en *retraite* sur ces deux pièces, à la distance $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{e}$ de la *queue du tiroir*. C'est en intervertissant la position des deux pièces qu'il tient compte de la dernière dimension, sans respecter la première, qui n'apparaît que dans son texte et dans sa traduction française.

⁴³⁹ Voir plus haut, n° 370, alinéa g .

⁴⁴⁰ Dans ma première édition, la *gâchette* pivote *horizontalement*. Mais il en résulte une forme peu naturelle pour la *fourchette*, qu'il faut d'ailleurs *entailler* dans le flanc du tiroir. Mon interprétation définitive répond complètement aux données graphiques des manuscrits.

⁴⁴¹ Le point Π d'encastrement du pivot du serpentéau est ainsi défini de position par l'auteur : $\text{Κατὰ τὸ } \Pi \dots \text{ἀπεχὸν τοῦ } M \delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{\Delta}$. Or, précédemment, Héron désigne la *gâchette* par $\tauὴν \text{ΚΑΜ σχαστήριον}$, et son *bec* par $\text{ἐντομὴν τὴν } \Lambda M$. Il dit d'ailleurs nettement que toutes les *distances et notations se marquent en s'éloignant de la manette*, $\text{ἀποστήσαντες ἀπὸ τῆς χειρολᾶβης}$. Le point M désigne donc la *pointe antérieure du bec*.

⁴⁴² Voir plus haut, *Serpentéau*, a , n° 377.

⁴⁴³ Voir plus haut, *Tiroir*, n° 368.

⁴⁴⁴ *Math. vet.* p. 117.

⁴⁴⁵ La première *équerre* en U est donc l'*amarre* de la seconde. C'est la fonction évidente que lui assignent les figures des manuscrits. M. Vincent a admis le fait, mais il rend le πιτάριον mobile , en le faisant *pivoter sur l'arrière*, par ses branches latérales, autour d'un axe traversant le *tiroir*. L'*avant* est articulé avec une sorte de *boucle*, dont M. Vincent fait la *bascule* du système. Mais ce mécanisme est invraisemblable, car il ne présente aucune stabilité.

⁴⁴⁶ Ceux de Médicis et du Vatican, ainsi que les manuscrits de Paris, c'est-à-dire la

série de *recension officielle*, donnent des *κωνοειδῆ* une figure beaucoup plus rationnelle que les manuscrits plus anciens de l'autre groupe. L'hypothèse d'une *broche allongée, courbe, munie d'un crochet* et adaptée à une sorte de *poire écourtée*, ressort tout naturellement de la forme indiquée par la 1^{re} série. M. Wescher (*Op. cit.* p. 132-134) a eu l'heureuse idée de reproduire la figure des *κωνοειδῆ*, en deux dessins tirés des deux groupes.

⁴⁴⁷ Ces *saillies* des *κωνοειδῆ* sont aujourd'hui, pour la première fois, expliquées.

⁴⁴⁸ CHIROB. § V, β, et note b de la traduction française.

⁴⁴⁹ Voir note 297.

⁴⁵⁰ D'une manière analogue, on appelle *bourrelet* ou *tulipe* en artillerie, le profil du *renflement* ou *bourrelet* voisin de la bouche d'un canon.

⁴⁵¹ Le *bourrelet* de *bronze* comprimant la gorge d'*acier* du ressort, produisait un frottement *minimum*. Il est peu probable que les anciens en eussent, sinon conscience, du moins une idée instinctive.

⁴⁵² Ici encore l'auteur mesure la *pièce arquée* suivant la *corde de l'arc*, comme il l'a fait pour la *portée des étriers* et pour la *courbe des arcs-boutants du gril*.

⁴⁵³ Il paraît certain que les anciens employaient des *boulons* et *écrous à pas de vis*. Ce qu'Archimède avait fait en grand pour le lancement d'un vaisseau (Athénée, *Dipnos*. v, 4) ses confrères le pratiquaient en petit, en utilisant l'effet du *serrage de la vis dans son écrou*. Biton (Wescher, *op. cit.* p. 49) parle d'une *vis de fer*, *κοχλίας σιδηρούς*, de $\frac{1}{3}$ pied = 0^m. 10 de diamètre, *ajustée dans des écrous de serrage* : Εἶχε δὲ τὴν διάμετρον ὁ κοχλίας ποδὸς τρίτον μέρος, ἐνηρμοσμένος ἐν ἐπιτονίοις. Une seconde vis, symétrique à la précédente, servait à armer le *pierrier* (λιθοβόλον) construit à Thessalonique par Isidore d'Abydos. Biton était contemporain d'Attale (probablement Attale I^{er}, roi de Pergame, 211-198 avant J. C.), à qui il dédie son traité *Κατασκευὴ πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*.

⁴⁵⁴ Voir n° 331, *Orientation des καμβέστρια*.

⁴⁵⁵ On voit encore ici la petite influence de l'incertitude *micrométrique* de l'épaisseur des lames des ressorts.

⁴⁵⁶ M. Vincent place la *gorge* sur le *montant d'avant*, et fait passer le *conoïde* entre les deux montants, à la hauteur de la gorge. Il place le pivot dans l'axe de l'échelette, et il le forme d'un *simple filet* ou *rudiment* (sic) *névrolone*, soit d'un *brin de fil*! (Voir son *Op. cit.* p. 12; pl. III, fig. 8; pl. IV, fig. 1 et 2.)

⁴⁵⁷ Distance du centre idéal à l'axe du tiroir. $14 - 1\frac{3}{4} = 12\frac{1}{4}$ doigts

Distance du *crochet armé* au même axe (suivant la directrice)

DIFFÉRENCE.

$3\frac{1}{2}$

$8\frac{3}{4}$ doigts.

⁴⁵⁸ L'angle de 53° 8' est remarquable par la simplicité de ses lignes trigonométriques. En l'appelant 2α , on a

$$\sin 2\alpha = \frac{4}{5}, \quad \cos 2\alpha = \frac{3}{5}, \quad \tan 2\alpha = \frac{4}{3} \quad \text{et} \quad \cot 2\alpha = \frac{3}{4}.$$

35.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les anciens pouvaient donc le construire de 4 manières différentes. De là leur préférence pour cet angle, ainsi que pour sa moitié $\alpha = 26^{\circ} 34'$, telle que $\tan \alpha = \frac{1}{2}$, et $\cot. \alpha = 2$.

Le battement de l'euthytone mesure $36^{\circ} 52'$.

Celui de la chirobaliste en est donc le complément :

$$53^{\circ} 8' + 36^{\circ} 52' = 90^{\circ}.$$

Le battement du palintone est double de celui de l'euthytone, c'est-à-dire de $73^{\circ} 44'$.

La moyenne entre l'euthytone et le palintone est de $55^{\circ} 18'$.

Le battement de la chirobaliste est donc, à $\frac{1}{11}$ près, la moyenne entre ceux de l'euthytone et du palintone; de même que l'entr'axe des ovales de l'engin est la moyenne entre les entr'axes des faisceaux palintone et névrotone. (Voir plus haut n° 332.)

⁴⁵⁹ Voir plus haut, note ²¹⁹.

⁴⁶⁰ De re milit. IV, 22.

⁴⁶¹ Math. vet. 56, et KR. 256.

⁴⁶² La règle de $\frac{1}{3}$ de la longueur du trait n'est pas applicable au diamètre des flèches des engins à ressorts. Leur trait est plus fort que celui des anciennes machines, témoin le carreau des arbalètes du moyen âge. Il était nécessaire de laisser au projectile une certaine masse et d'employer une corde archère d'une certaine résistance. Le diamètre du trait, à la queue, était triple environ de celui de la corde.

⁴⁶³ M. Vincent (Op. cit. 42-43) assigne au module de la chirobaliste 2 doigts, en donnant cette dimension à la rondelle plate et évidée qu'il substitue aux ovales des $\kappa\alpha\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma\tau\rho\iota\alpha$. Il calcule ensuite à 18 doigts la longueur du trait, et le module par la formule du $\pi\alpha\lambda\iota\nu\tau\omicron\nu\omicron\nu$ et pour le poids m , savoir : $\mu = 1.10 \sqrt{100 m}$. (Voir plus haut, note ²¹⁹.) Pour $m = 2$, on trouve $m = 0.06$. La mine valant 100 drachmes, le poids m vaut donc 6 drachmes. La chirobaliste avait donc la force d'un palintone de 2 doigts, lançant un projectile de 6 drachmes; mais il ne s'ensuit pas que le module de l'engin fût de 2 doigts, ni que la longueur du trait fût de 18 doigts.

⁴⁶⁴ Le centre de gravité de la baguette tronconique partage la tige dans le rapport de 31 à 35. Il est donc à $\frac{1}{11}$ de la queue. La section a 11 millimètres de diamètre. La tige, tourillon compris, mesure 238 millimètres.

Le bois cube donc

$(95^{mm}) \times 238 = 22,610^{mm}$, soit	22 ^{cc} .60
Ajoutons pour les ailettes	2 .40
Cube du bois.	<u>25^{cc}.00</u>

L'osier pèse 0.543, le peuplier 0.600, le saule de 0.571 à 0.585; moyenne des bois légers, de 0.550 à 0.600. La densité de 0.580 donnerait

$25 \times 0.580 = 14\frac{1}{4}$ grammes, soit	15 ^{gr} .00
A reporter	<u>15^{gr}.00</u>

Report..... 15^{sr}.00

La douille du fer cube pleine :

$$(63^{\text{mm}}) \times 10 = 630^{\text{mmc}}$$

$$\text{Vide... } (38.50) \times 10 = 385$$

$$\text{Reste } 245^{\text{mmc}} = 0^{\text{cc}}.245$$

$$\text{A la densité de 7.80, poids} = 1.91, \text{ soit..... } 2.00$$

$$\text{La base du dard mesure } \frac{1}{2} (28 \times 9) = 126^{\text{mmq}}$$

Son cube est donc

$$\frac{1}{2} (126^{\text{mmq}}) 28 = 126 \times 9 \frac{1}{2} = 1^{\text{cc}}.17$$

Soit 1 $\frac{1}{2}$ centimètre cube.

$$\text{Poids } 1.20 \times 7.80 = 9^{\text{sr}}.36, \text{ soit..... } 9 \frac{1}{2}$$

$$\text{Poids total..... } 26^{\text{sr}} \frac{1}{2}$$

$$\text{La drachme valant } 4^{\text{sr}}.363, \text{ le poids du trait était de } \frac{26.333}{4.363} = 6 \text{ drachmes.}$$

⁴⁶⁶ M. Vincent (*Op. cit.* 43) cite des *projectiles ronds* antiques, conservés au musée du Louvre, et dont les moindres pèsent 27 grammes. M. de Longpérier en a pesé 18; les plus lourds atteignent 70 grammes. Huit autres projectiles, de la collection Campana, varient de 40 à 70 grammes.

⁴⁶⁶ Il s'obtient par la formule

$$\frac{11}{4} \times \frac{\pi}{6} x^3 = p.$$

dans laquelle $p = 27^{\text{sr}}$ est le poids de la balle de pierre et x son diamètre en centimètres.

$$x^3 = \frac{24 p}{11 \pi} = \frac{648}{34.56} = 18.80 \text{ et } x = 2.65 \text{ centim.} = 26 \frac{1}{2}^{\text{mm}}.$$

⁴⁶⁷ Voir *Aid. mém. des Off. d'artillerie* (1844, p. 211).

⁴⁶⁸ Claudel (*Formules*, p. 16) estime à 80^t l'effort maximum de l'homme au moyen de ses bras. En soulevant des poids, l'effort moyen est de 20^t, avec une vitesse de 0^m.17 par seconde. Pour la *chirobaliste*, l'effort total de tension peut être porté à 80^t = 3 talents, dont 8^t environ, produits par le poids de l'arme, réduisent l'effort de l'homme à 72^t.

⁴⁶⁹ Voir plus haut, n° 369.

⁴⁷⁰ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷¹ Le bras de levier de la force est $a = 1 \frac{1}{2}$ doigt. La course $c = a \tan 2\beta$, ou $c = 1 \frac{1}{2} \times 1.333 = 1^4.995$, soit $c = 2$ doigts.

⁴⁷² En effet

$$\overline{MQ} = \lambda \sin \theta = \overline{KH} = \overline{CH} - \overline{CK} = \delta - r \cos (2\beta - \omega)$$

d'où

$$\sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}$$

Posant $\delta = 11 \frac{1}{4}$, $r = 8 \frac{1}{4}$, et $\lambda = 6 \frac{1}{4}$ doigts, on trouve

$$\sin \theta = 1.84 - 1.40 \cos (2\beta - \omega).$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁴⁷³ Quelle que soit la forme d'un ressort, la flexion est toujours proportionnelle à la charge correspondante.

⁴⁷⁴ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁵ L'intégrale du travail T_ϕ de l'effort absolu serait

$$T_\phi = \frac{1}{2} \int_0^\beta \Phi. dC.$$

à la condition de pouvoir éliminer θ des trois équations ci-dessus, ce qui conduirait à une complication inextricable.

⁴⁷⁶ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁷ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁸ La chirobaliste ne peut guère lancer plus de 5 ou 6 flèches par minute. Le travail total serait, pour 6 coups, $4.80 \times 6 = 28^k.80$, soit 30^{km} ou $\frac{1}{7}^{km}$ par seconde.

⁴⁷⁹ Voir Claudel, *Formules*, p. 14.

⁴⁸⁰ Voir *Traité de Balistique expérimentale*, de M. Hélie; Paris, in-8°, 1865, p. 404 et suiv. Sous la vitesse initiale V et pour la portée $A = \frac{V^2 \sin 2\alpha}{g}$ dans le vide, la portée E dans l'air a pour expression générale

$$E = \frac{1}{2KV^2} (-1 + \sqrt{4KV^2A + 1})$$

avec les conditions :

$$K = \frac{3h\Delta^2}{4VP} \quad \text{et} \quad h = 0.00000462 = \frac{2 \times 7}{3 \times 10^6}$$

Δ étant le diamètre du projectile de poids P , la masse m par unité de section Σ sera

$$m = \frac{P}{g\Sigma} = \frac{4P}{\pi g\Delta^2}$$

d'où

$$\frac{\Delta^2}{4P} = \frac{1}{\pi g m} \quad \text{et} \quad KV^2 = \frac{hV}{10m}$$

Posant

$$H = \frac{\pi g}{6h} = \frac{5.1365}{h} = 1,100,700$$

il vient

$$E = -H \frac{m}{V} + \sqrt{2H \frac{m}{V} \left(A + \frac{Hm}{2V} \right)}.$$

⁴⁸¹ *Mém. cit.* p. 83. J'ai montré que ces calculs de M. Dufour ne sont pas rigoureusement exacts, par suite d'erreurs d'interprétation des données numériques de Philon de Byzance. Toutefois le savant officier a établi que tous les engins balistiques des anciens étaient réglés pour des portées fixées d'avance par la distance des lignes d'investissement des places fortes. Leurs vitesses initiales, sous tout calibre, étaient donc sensiblement égales.

⁴⁸² *Mém. cit.* p. 70, pour un boulet de 1 talent = 30 kilogrammes.

⁴⁸³ *Mém. cit.* p. 70, pour un boulet de 2 talents = 60 kilogrammes.

⁴⁸⁴ *Mém. cit.* p. 70 : L'historien Josèphe, V, 18, atteste que les machines des Ro-

mains, au siège de Jérusalem, portaient à 2 *stades et plus*, soit à 400 mètres. Titus avait également établi son camp à cette distance, pour se tenir à l'abri de l'artillerie de la place.

⁴⁸⁵ *Math. vet.* p. 3; *Wesch.* p. 8.

⁴⁸⁶ Voir plus haut, note ⁴⁸⁵.

⁴⁸⁷ Je n'hésite pas à évaluer le poids en fraction simple de la *mine*, unité applicable aux projectiles ronds et aigus.

⁴⁸⁸ Τοσοῦτο τοὺς προτέρους ὑπερήγαγεν ὥστε καὶ τὸν ἐξαγγέλλοντα ὑπὲρ αὐτοῦ μὴ ῥαδίως πιστεύεσθαι. (*Loc. cit.* note 485.)

⁴⁸⁹ Philon (*Math. vet.* p. 93) mentionne les *catapultes* de 3 et de 5 *empans*, servant à repousser les assiégeants, dans les assauts terrestres ou maritimes. Voir plus haut, note ⁴⁸⁶.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

Les GROS CHIFFRES renvoient aux numéros du texte. — Les gros chiffres accompagnés d'indices, tels que 306^a, renvoient aux annotations de la traduction de la *Χειροβαλλίστρα*, p. 116 à 149.

Les PETITS CHIFFRES renvoient aux notes courantes, à la fin de l'ouvrage, p. 228 et suivantes.

A

- About, *extrémité d'une pièce*, 279, 359.
Ἀγκύλη, boucle d'attache de la corde archère, 184.
Ἀγκών, bras, battant ou levier balistique, 164 = 183, 185, 187, 192, 194, 199, 206, 208, 210, 211, 216, 283, 284, 285, 286, 296, 309. (Voy. *Battant*, *Bras*, *Lever*.)
Ἀγωνοειδής, en forme de battant, 306^a.
 Académie des inscriptions, 80.
 ————— (Collection des Mémoires présentés à l'), 69, 138.
 Acier (espagnol), 153 = 136.
 — (Bande ou *ruban* d'), 305^a = 299, 451.
 — (Battants d'), 216.
Ἀεροδρατική, art de marcher en l'air, 326.
Ἀερότονον (*ὄργανον*), engin aérotone, mû par l'air comprimé, 74, 75, 76, 80, 120 = 75, 255, 308.
 Affût (*fixe*), 31, 52, 174, 190, 301 = 243. (Voy. *Καρχήσιον*, fig. 50.)
 — (roulant), 30, 31, 52, 174, 190, 301. (Voy. *Carrobalista*.)
 — (A l'), 188. (Voy. *Καρχήσιον*.)
 Afrique (Campagne d'), 295.
 AGÉSISTRATE, ingénieur grec, 419, 420, 421 = 149, 268.
 Aide-Mémoire (La Chirob. est un), 120, 124, 129.
 Aide-Mémoire des officiers d'artillerie (Paris, 1844, grand in-8°), 179, 180, 252, 253, 467.
 Aigle (Queue d'), *terme de charpente*, 153.
 Aigu (Projectile), 400. (Voy. *Ὀξύδελης*.)
 — (Engin à projectile), 24, 25, 27, 28, 31.
 Aile, *région latérale d'un engin*, 190, 331, 337, 344, 360, 365 = 188, 207, 214, 249, 424. (Voy. *Πτέρυξ*.)
 Ailette (d'une flèche), 154.
 Air comprimé, 307^a = 81. (Voy. *Ἀερότονον*.)
Alexiensis (*ager*), 142.
Ἀκαμπής, rectiligne, 307. (Voy. *Ἐνθύτονος*.)
Ἄκρον (*τὸ*), about, *extrémité*, *pointe*, 166, 211.
 Amarres, 164, 304, 304^a, 304^f, 378, 382 = 445. (Voy. fig. 21, 22, 23, 24.)
 Amenta, câbles tordus balistiques, 82.
 AMMIEN-MARCELLIN (*Rer. gest.*), 16, 17, 29, 296, 304^a, 304^d, 304^k = 15, 19, 123, 433.
 Anacréon, 403.
Ἀνά, en haut, et par extension en avant (*l'avant des machines de jet étant la partie culminante des engins*), 165, 189. HÉR. PHIL.
Ἀνάγειν, pousser en haut, en avant (voy. *Ἀνά*), 164, 170, 174, 255. HÉR. PHIL.
Ἀνακαμπή, crochet retourné, 307. (Voy. *ἴψος*.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ἀνακινεῖν, pousser en avant (voy. Ἀνά), 286.
Analogie, 324, 339, 344 = 240.
—— (figurative), 22, 30, 158, 296, 298;
313 = 74, 154, 188, 209, 424.
Ἀναπίπτειν, battre en remontant, en avant (voy.
Ἀνά); d'où ἀνάπτωσις, 166, 183, 192, 208,
210, 216, 284, 285.
Ἀνάτρησις, entaille verticale, 275. (Voy. Τρῆμα.)
Ἀνεμπόδιστος, sans embarras, librement, 304.
(Voy. Versatile.)
Ancre double, dans la batterie de la Chirob.
304^f, 304ⁿ. (Voy. Πιτῶριον.)
ANGLE BIAIS (Tracé de l') du *παλίντονον* ou de
la BALISTE. 180 = 201. (Voy. Versura.)
—— (de tir), 236, 237.
—— (de torsion), 241, 243, 245, 246.
Ἀνισόκυκλοι, courbe composée de cercles iné-
gaux, ovale, anse de panier. — Anisocycli
(VITR.); *Anisocycla* (?), *Anisocycles*, 25, 31,
122, 281, 282, 285, 286, 287, 294, 305^a
= 29, 107, 315. (Voy. Oscillum.)
Anneau, 316. (Voy. Κρίκος.)
Ansa, collier, anneau, 296.
Anse de panier, 133, 316, 317, 318, 319,
320. (Voy. Ἀνισόκυκλοι, Ouales et fig. 29,
30, 55.)
Ἀντερείδες, contre-fiches, jambes de force, 74.
HÉR. PHIL.
Antiochus IV, 21.
Ἀντιστάτης, montant de face, de front, 176 =
193, 214. (Voy. fig. 7.)
Antistate (voy. Ἀντιστάτης), 74. HÉR. PHIL.
Ἄνω (εἰς τὸ μέρος), vers le haut, vers l'avant,
170, 189, 243. HÉR. PHIL. (Voy. Ἀνά.)
APOLODORÉ (Πολιορκητικά), *Math. vet.* p. 13
à 42; Wescher (*Poliorc. des Grecs*, p. 137
à 193), 155.
Apollon scythe, 247.
Apollonius de Perge, 220.
—— de Rhodes, 245.
Appendice, 329, 330, 380.
Arbalète, 12, 13, 30, 39, 52, 53, 54, 59,
60, 141, 303^m = 173, 175. (Voy. Arcuba-
lista, Τοξοβολίστρα et fig. 1.)
Arbalétrier, 13 = 13, 42, 67. (Voy. Arcubalis-
tarius.)

Arc, 13, 14, 30, 31, 49, 54, 55, 141, 143,
158, 159, 160, 164, 165, 168, 169, 227,
229, 231, 232, 233, 234, 259, 275, 369,
421 = 242, 247, 249, 282, 433. (Voy. Ar-
cus, Τοξον et fig. 1 et 12.)
—— arabe, 245.
—— égyptien, 230, 231, 232, 233. (Voy.
fig. 12.)
—— oriental, 247.
—— *παλίντονον* ou renversé (?), 249. (Voy.
fig. 12.)
—— scythique, 247.
Arcade (voy. Βάτι, Cage, Καμάριον, Portique).
306, 306^a, 306^b, 306^c, 306^d, 349, 356
= 39, 178.
Arcs-boutés (Ressorts), 274 = 310.
Arcs-boutants, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 345,
346, 347 = 359, 395, 403, 405, 407,
408, 452. (Voy. Τὰ Ξ et fig. 25, 26, 38.)
Archer, 231, 232, 233, 238, 303ⁱ, 303^m.
304^b, 304^c, 306^b, 366, 383, 405, 412,
413 = 13, 15, 18, 20, 130, 165, 175,
188, 254, 282. (Voy. Sagittarius, Τοξότης.)
Archidamus, 147.
ARCHIMÈDE, 18, 33, 68, 127, 151, 156, 228,
299, 309 = 37, 113, 243, 266, 424, 453.
ARCHITECTURA (DE) VITRUBE; edit. SCHNEIDER,
Leipzig, 1808, in-8°. (Voy. SCHN. et VITR.)
Architecture antique, 309.
Architectus, ingénieur, 51.
Archytas, 220.
Arcubalista (voy. Arbalète), 12, 13, 30, 55,
56 = 13, 14, 42, 67.
Arcubalistarius, arbalétrier, 13 = 13, 42, 67.
Arcus (*flexiles*), 15, 57, 152. AMM. MARC.
Aristarque, 306^m.
Ariston, 249. (Voy. Βελοποιικῶν λόγοι Δ και Ε.)
Aristophane, 1.
Aristote, 145.
Armatures, 76, 177, 178, 181, 182, 183,
192, 218, 252, 255, 274, 279 = 293.
Armes (à feu), 154 = 23.
—— (de jet), 5, 243.
—— (de jet portatives), 18, 31, 54, 141,
142, 174, 235, 279, 294, 295, 306^b,
310, 413, 422 = 61, 282.

Ἀρμολός, *assemblé, articulé*, 303, 303^c, 303^a, 304, 304^b, 305, 307. HÉR. PHIL. (Voy. *Συμφωνία*.)
Arquée (Forme), 384, 388, 394 = 152, 452. (Voy. *Σεληνοειδής*.)
Ἀρρήν, *pièce mâle*, 125, 303, 303^a = 154. (Voy. *Masculus*.)
 ARRIEN (*Anab.*), 132.
Arrière (En), ou *en bas* (dans les machines de jet), 163, 207. (Voy. *Κατά*.)
 — (L'), ou *le bas* d'une machine de jet, 331, 365, 368, 370, 373, 374, 376, 383 = 183, 215, 232, 240, 283, 297, 359. (Voy. *Κατά*.)
Arrondi (Angle), 340, 367, 373 = 201.
Articulation (voy. *Ἀρμολός*), 303^a. (Voy. *Ἀνεμοποδίστως*, *Versatile*.)
Artillerie (antique ou gréco-romaine), 3, 79, 126, 141, 143, 152, 154, 155, 156, 157, 248, 249, 301, 304^a, 306^b, 306^a, 310, 311 = 89, 106, 149, 279, 483. (Voy. *Τὸ Καταπαλτικόν*.)
 — (de campagne ou volante), 12 = 89.
 — (du moyen âge), 59.
 — (Musée d'), 4, 78 = 148.

Assant (par terre ou par mer), 488.
Ἀταραξία, *calme, paix de l'âme ou du cœur, paix politique*, 143. HÉR. D'ALEX.
 ATHÉNÉE (*Περὶ Μηχανημάτων*; *Math. vet.* p. 1 à 12; Wescher [*Poliorc. des Grecs*], p. 3 à 41), 155, 303^a, 419, 421 = 149, 223, 243, 268, 487.
 ATHÉNÉE (*Dipnosoph.* Strasbourg, SCHWEIGH. 1801-1807, in-8°), 133, 134, 139, 247, 266, 345, 453.
 Attale I^{er}, 453.
Attaque (des places), 266.
Attelage d'artillerie antique, 15 = 16.
Auricula, oreillette, bride, 305.
Authenticité (de la Chirob.), 121, 130.
Ἀυτόματα, *automates*, 123, 129 = 139, 149. HÉR. D'ALEX.
Automatiques (Mains), 120.
Avant-bras, 298, 300, 361, 362, 363, 364, 394 = 425.
Avant (En), ou *en haut* (dans les machines de jet), 165, 168. HÉR. PHIL. (Voy. *Ἀνά*.)
 — (L'), ou *le haut*, 183, 240, 288, 359. HÉR. PHIL. (Voy. *Ἀνά*.)
Axe (ou plan du tir), 245, 246, 247.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

B

Balançoire, 290. (Voy. *Ἀεροστατική*, *Oscillum*.)
 BALDI, ÉDITEUR PRINCEPS de *Ἡρώνος Χειροβαλίστρας κατασκευή καὶ συμμετρία* (Augsbourg, 1616, petit in-4°), 6 à 11, 32 à 47, 56 à 72, 85 à 89, 103 à 116, 302 à 309, 330 = 6, 36 à 48, 65 à 103, 156 à 161, 180, 438.
Baguette (de flèche), 369, 398 = 433, 464. (Voy. *Sagitta*.)
 Bâiller, 293. (Voy. *Oscitare*.)
Balista, 305^a = 243, 277, 332. (Voy. *Βαλλίστρα*, *Βολίστρα*.)
Baliste, engin *παλίντονον*, 4, 11, 12, 14, 15, 20, 27, 49, 123, 143, 145, 175, 237, 240, 295, 301, 361 = 15, 17, 30, 36, 126, 149, 166, 268, 313, 332. (Voy. *Παλίντονον*, *Βολίστρα*.)

BALISTE (À MAINS), 361 = 61. (Voy. *Chirobaliste*, *Manubaliste*.)
Βαλλίζειν, *sauter*, 70. (Voy. *Βαλλίστρα*.)
Balistarius, *servant de baliste*, 16.
Balistique appliquée, 152, 155, 158 = 249.
Balle (antique), 400 = 61.
 — (moderne), 237, 399.
Βάλλειν, *jeter, lancer un projectile*, ΑΙΓΥ ou ROND, 20, 70.
Βαλλίστρα, *baliste*, 70, 89, 126. — *Ballistra*, 49.
Bandage (ou *mise au bandé*) d'un engin, 52, 53, 54, 125, 173, 174, 227, 242, 245, 246, 249, 256, 257, 258, 265, 274, 303^a, 304^b, 305^a, 383, 391, 401, 405 = 175, 183, 212, 247, 279, 437.
 BARBARO (VITRUBE, trad. ital. Venise, 1566, in-folio, avec comm.), 200, 315.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Barillet (voy. *Χοιυκίς*), 173, 175, 183, 185, 191, 197, 204, 249, 255, 256, 258, 279, 299, 301, 305^a, 305^b, 306^f, 312 = 203, 204, 225, 229, 277, 279. (Voy. fig. 8 et 54.)

Barreau, 306¹ = 277. (Voy. *Διαπήγιον*, *traverse*.)

Bas (En), 163, 189. (Voy. *Κατά*.)

Bas-reliefs, égyptiens et assyriens, 165. (Voy. fig. 50 et 12.)

— de la colonne Trajane, 52, 77, 78, 122, 301. (Voy. fig. 18.)

Bascule, *mécanisme de détente d'un engin*, 304^f, 304^k, 304ⁿ, 348, 377, 378, 381, 382, 383, 392, 394 = 359, 445. (Voy. fig. 21 et 22.)

Bâsis, *base, pied ou partie inférieure d'un objet*, 307, 307^a, 307^b, 342, 357 = 206, 232. HÉR. PHIL. (Voy. *Καρχήσιον*, *Affût*.)

Bâti (voy. *Arcade*, *Cage*, *Portique*), *loge des faisceaux névrotones dans les gros engins*, 34, 76, 79, 122, 166, 173, 175, 180, 185, 194, 197, 254, 273, 274, 299, 300, 306^a = 166, 182, 186, 207, 214, 277, 283, 293, 411. (Voy. *Πλινθιον* et fig. 9.)

Battage (des cordons névrotones), 181.

— (à froid des métaux), 271, 272, 277, 278 = 295, 304, 305, 306.

Battant unique (Machine à), 295 = 149, 186. (Voy. *Μονόγων*.)

Battants, *bras ou leviers balistiques*, 76, 77, 79, 84, 124, 164, 170, 171, 172, 174, 176, 179, 185, 193, 209, 210, 211, 225, 241, 264, 273, 275, 280, 299, 305^a, 305^b, 306^j, 307^a, 307^b, 307^d, 327, 331, 333, 384, 385, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 404, 405 = 81, 148, 166, 182, 186, 195, 206, 207, 210, 219, 241, 263, 279, 297, 299, 330, 424. (Voy. *Ἀγκών*, *Brachium*.)

— (Convergence des), dans le *παλιντρονον* (baliste), 4, 78. (Voy. fig. 4, 5 et 6.)

— (latéraux), 249, 263.

Battement, *mouvement des battants à l'instant de la détente*.

— (Angle du), 246, 391, 394, 397, 404, 405 = 206, 213, 265, 330, 458, 470.

Battement angulaire, 292.

— (Amplitude du), 177, 186 = 330.

— (Centre de), 394.

— extérieur (*vers l'ennemi*), 231. (Voy. fig. 5.)

— (Plan de), 355.

— (Sens du), 191, 197, 226, 234, 244, 306^a = 166, 183, 192, 231, 242.

— vertical, 295. (Voy. *Μονόγων*.)

Batterie (Engins en), 21 = 23, 126.

—, *mécanisme d'arrêt au bandé et de détente d'un engin*, 66, 122, 162, 304, 304^a, 304^b, 304^k, 349, 372, 383, 423 = 38, 158, 162, 438. HÉR. PHIL. (Voy. *Δέκλις*, *Κλεισίς*, *Vincula* et fig. 2, 3 et 43.)

Bec, *extrémité fendue d'une pièce de mécanisme*, 304^m, 375, 376, 377, 378, 380, 382 = 359, 441. (Voy. *Ἐντρομή*, *Περιστομίσ*.)

Bélopée (la), *Traité des engins balistiques*, 58, 62, 120, 122, 125, 128, 200, 225, 226, 234, 235, 236, 239, 252, 303^c, 303^d, 303^e, 303^b, 303^l, 303^m, 304^a, 304^c, 304^d, 304^e, 304^k, 306^a, 306^b, 310 = 36, 37, 74, 89, 149, 201, 206, 249, 255, 424. (Voy. *Βελοποιῖκᾰ*.)

Belier, 292 = 126. (Voy. *Βελόστας*.)

Βελοποιῖκᾰ (voy. *Bélopée*), de Héron d'Alex. (édit. princeps, Baldi, Augsb. 1616, petit in-4°; *Math. vet.* Paris, 1693, p. 121 à 144; Köchly-Rüstow, Leipzig, 1853, in-8°, p. 200 à 239; Wescher, *Poliorétique des Grecs*, Paris, 1867, in-4°, p. 71 à 119), 3, 4, 7, 8, 22, 34, 44, 61, 72, 78, 125, 127, 130, 155, 156, 225, 228, 251, 308, 309, 311 = 33, 43, 48, 65, 89, 113, 142, 156, 182, 183, 188, 201, 243, 249, 277, 336. (Voy. *Bélopée*.)

Βελοποιῖκᾰν (Λόγος Δ), de Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 49 à 78; Köchly-Rüstow, p. 240 à 317), 47, 61, 78, 155, 200, 244, 249, 250, 251, 252, 280, 304^a, 308 = 5, 126, 154, 269, 272, 280, 282, 283.

Βελοποιῖκᾰν (Λόγος Ε), de Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 79 à 104), 251 = 5, 126, 266, 269, 272, 488.

- Βέλος**, projectile (rond ou aigu), 21, 158 = 20, 23. HÉRON.
- Βελοσταςία**, batterie, 126. ATHÉN. MEC.
- Βελόστας**, engins en batterie, lieu où sont installées les machines de jet, batterie, 21 = 23, 126. PHIL. *Bélier*, baliste. BIBLE.
- Bethsura** (Défense de), 21.
- Βία**, force, force vive (d'un engin), 166, 183. HÉR. PHIL.
- Biais** (voy. *Angle biais*), obliquité des ailes du bâti, dans l'engin *παλίντονον* (baliste), 226, 247, 306^a à 344, 370, 371, 380, 389, 394, 404 = 201, 206, 207, 223, 240, 399, 401, 424, 458. (Voy. *Versura* et fig. 7, 34, 35, 36, 43 et 44.)
- Biche** (Pied de), pièce d'arbalète, 173.
- Bidens**, ancre double (dans la batterie de la *Chirob.*), 304.
- Bifidum ferrum**, double bride (dans la batterie de la *Chirob.*), 304.
- Biographie universelle** (Michaud), 12.
——— (Nouvelle), par M. Hoefer, 6.
- Biscayen** (de pierre), 400 = 61.
- BITON** (Κατασκευαί πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν, *Math. vet.* p. 105 à 114; Wescher, *Poliorc.* p. 43 à 69), 53, 155, 306^a = 175, 453.
- BLANCHARD** (*Métamorphoses, mœurs et instincts des insectes*, Paris, grand in-8°, 1868), 297 = 342. (Voy. fig. 16.)
- Bois dur**, 181, 183, 217.
—— flexible, 141, 275.
—— léger, 464.
—— rigide, 169.
- BOISSONADE** (J. F.), *traduct. de Pindare*, édit. E. Egger, Paris, 1867, in-32, 83.
- Boissonade** (G.), 120.
- Βολίστρα**, baliste, 11, 12. (Voy. *Βαλλίστρα*, *Παλίντονον*.)
- Bouche**, 293, 305^a. (Voy. *Os*.)
—— (à feu), 236, 237 = 236.
- Boucle**, 171, 198 = 184, 445. (Voy. *Ἀγκύλη*.)
- Bourg** (Défense d'un), 266.
- Bourrelet**, renflement au talon des battants de la *Chirob.* 307^a, 307^b, 384 = 359, 451. (Voy. *Pommeau*, *Κωνοειδής* et fig. 27 et 28.)
- Bourses** (de cuir), 81. (Voy. *Κωρυκωδής*.)
- Bouton** (d'amarre) du tiroir de la *Chirob.* au bandé, 437.
- Bracelet**, 316. (Voy. *Κρίκος*.)
- Brachiolum**, battant court (baliste), 307, 307^a. = 15, 21. VÉG. — Synon. *Brachii brevis*, 21. VITR. (Voy. *Ἀγκών*.)
- Brachium**, battant, bras, levier balistique, 166, 230, 238, 316.
- Branches** (d'arc), 232, 245, 246 = 247. (Voy. *Κέρας*.)
—— courbes, 303^m = 247. (Voy. *Παλίντονον*.)
—— (ou ailes du toit, dans la *Chirob.*), 306 à 306^e, 358, 359, 360. (Voy. *Καμάριον*.)
—— (de brides), 375, 376, 380, 381, 382 = 445. (Voy. *Πιτάριον*.)
- Bras** (voy. *Battant*), 77, 78, 122, 164, 168 à 177, 186, 187, 191, 197, 224, 227, 234, 264 à 274, 298 à 307^a, 355, 360, 384 = 148, 166, 182, 206, 216, 242, 249, 283, 292 à 297, 336, 424. (Voy. *Ἀγκών*, *Battant*, *Levier balistique*.)
- Βραχύτονος**, à mécanisme trapu, 19 = 21, 424. (Voy. *Brachiolum*.)
- Brides**, 164, 305, 305^f, 305^j, 321, 327, 328, 373 = 378. (Voy. *Κατοχείς*, *Στήματα*, *Πιτάριον* et fig. 23 et 24.)
- Brim** (rudiment névrotone), 82 = 292, 456.
—— (cordon de faisceau), 180. (Voy. *Toron*.)
—— (oblique de la corde archère), 394, 401, 405.
- Broche** (métallique), 162, 171, 273, 307^a, 307^b, 384, 385, 387, 388, 392, 393, 394 = 81, 359, 446. (Voy. *Περόνη*, *Fibula*.)
- Bronze**, 270, 272, 275, 279, 329, 330, 386, 388 = 293, 299, 451.
—— (Barillets en), 183. (Voy. *Barillet*, *Χοινίς*.)
- Buccula**, lèvres, rebord, 305^a = 154. VITR. (Voy. *Πτερύγιον*.)
- But** (Côté du), 227. (Voy. *Τὸ ἐκτός*, *l'Extérieur*.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

C (Σ lunaire), 305^ε.
Cadre, 169, 171. (Voy. *Bâti, Cage, Châssis*, et fig. 4, 5 et 6.)
— (des *ressorts* de la *Chirob.*), 76, 273, 306^ε, 307^h, 313, 314, 321, 322, 326, 327, 328, 331, 341, 354, 358, 360, 370, 384, 391, 405 = 359, 378. (Voy. fig. 23, 24, 31, 32, 34 et 37.)
Cage, 76, 77, 122, 124, 262, 273, 306^h, 306^h, 307^h, 314, 342, 344, 347, 349, 368, 370, 391, 397 = 166, 178, 183, 223, 283, 293, 299, 408, 424, 438. (Voy. *ArCADE, Bâti, Καμάριον, Portique*, et fig. 25 et 26.)
Caisson (voy. *Καρχήσιον, Carquois*), 188.
Calage (Pièce de), 304^h = 205. (Voy. *Σχαστήρια*.)
— (Opération du), 383, 423 = 205.
Calculs balistiques, 240 à 249, 404 à 423.
Calibre, 18, 31, 52, 173, 199, 235, 352 = 282.
— (d'engin *névrotone*), 132. (Voy. *Τρήμα, Foramen*.)
Camariæ, camarici (?), BALDI, 36, 37, 58, 70 = 36, 37, 73. (Voy. *Καμαρικά*.)
Camarion, camarium, LAMBÉC. et NESSEL, 40, 43, 45 = 43, 46, 65.
Cambestriæ, cambestri, BALDI, 36, 37, 70 = 73. (Voy. *Καμβέστρια*.)
Cambre, 293, 305^ε.
Cambrure, 51, 293.
Campagne (Artillerie de), 89, 299. (Voy. *Carrobalista*.)
Campestris, Lambéc., Nessel et Meister, 40, 45, 49, 58, 305^ε = 43, 46, 65. (Voy. *Καμβέστρια*.)
Canaliculus, rainure, cannelure, 303, 303^h. VITR.
Canevas, *lignes théoriques d'une épure*, 136, 389, 403 = 425. (Voy. fig. 40, 41, 42, 43, 44 et 45.)
Cannelure, 161, 162, 163, 165, 304^ε, 305^ε,

C

368, 369, 372, 380, 382, 393, 396, 402 = 469. (Voy. *Stria, Στρίξ*.)
Canon, 23, 236, 450.
Canon, is, 303^h. THÉN. (Voy. *Κανών*.)
Capitulum, bâti, 178, 200. VITR. (Voy. *Πλινθιον, Bâti, Cage*.)
Cardines (præter), sans compter les tenons, 306 = 227. VITR. (Cf. *Χωρίς τῶν τόρων*.)
Carquois, 14 = 188. (Voy. *Καρχήσιον, Caisson*.)
Carreau d'arbalète, 462.
Carrobalista, baliste sur roues, 15, 30 = 16. VÉG. (Voy. *Artillerie de campagne*.)
Carthagène (Siège de), 20.
Catagogis, refouloir (crosse d'engin portatif), 52, 303 = 153. HÉR. PHIL. (Cf. *Καταγωγίς*.)
Catapulte, *engin εὐθύτονον* ou *ὀξυδελής* (chez les Grecs), *μονάγκων* ou *pierrier-fronde* (chez les Romains), 20, 23, 31, 49, 50, 76, 123, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 153, 175, 220, 227, 240, 256, 270, 295, 397, 419 = 24, 149, 243, 249, 268, 277, 293, 316, 488. (Voy. *Εὐθύτονον, ὀξυδελής, Μονάγκων* et *Λιθοβόλον*.)
Catapulte *polybole, engin-revolver, à projectile aigu*, 47 = 48.
Ceinture, 198, 227. (Voy. *Ζώνη*.)
Celtibériens, 153, 176 = 136. (Voy. *Épée*.)
Cercles *inégaux*, 282, 283, 284. (Voy. *Ἀνισόκυκλοι, Anse de panier*.)
CÉSAR (Jules), *Commentaires*, 24, 295 = 26, 126, 149, 331.
Chaine sans fin, 309 = 271.
Chalcotonum, chalcotone, à ressorts de bronze (engin), 49, 50, 82, 261, 263 = 11, 56, 57, 271, 282. (Voy. *Χαλκότονον*.)
Champ (De ou Sur), 229.
Chanvre (Emploi du), dans les engins *névrotones*, 141, 401.
Chape, 273, 305, 305^ε, 305^ε, 305^h, 305ⁱ, 314, 321, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 386, 389 = 383. (Voy. *Κρίκος* et fig. 23, 24 et 25.)

Chapiteau (?), 356, 357 = 405. PERR. (Voy. *Capitulum*.)

Châssis, 227 = 178. (Voy. *Bâti, Cadre, Cage, Portique*.)

Chiroballistra, 49, 52, 53, 54 = 48. MEIST. (Voy. *Χειροβαλλίστρα*.)

Chelon, tortue, croupe, culasse, 162. VITR. et DUF. (Voy. *Χελώνιον*.)

Cheveux de femme (Emploi des) dans les engins *névrotones*, 141, 198 = 334.

Chevile de calage, dans l'appareil de torsion *névrotone*, 205.

CHIROBALISTE (LA), par V. Prou, Paris, 1862, grand in-8°. — 3, 89, 103, 106, 108, 112, 115, 116, 119, 302, 303, 303^a, 304, 304^f, 304^g, 304ⁱ, 305, 305^g, 306, 306^c, 306^g, 306ⁱ, 307, 307^a, 307^g, 311, 345 = 3, 35, 58, 75, 77, 88, 91, 93, 97, 100, 405, 438, 440.

CHIROBALISTE (Examen de l'écrit intitulé LA), par A. J. H. Vincent, Paris, 1862, petit in-8°, 79.

CHIROBALISTE (A. M. Vincent, sur LA), par V. Prou, Paris, 1863, grand in-8°, 306^b = 74, 188, 315.

CHIROBALISTE d'Héron d'Alexandrie, restitution et traduction, par A. J. H. Vincent, Paris, 1866, petit in-8°. — 4, 103, 107, 116, 302, 303, 303^a, 303^m, 304, 304^a, 304^g, 305, 305^a, 306, 306^d, 306^f, 307 = 4, 70, 72, 73, 80, 81, 82, 98, 99, 103, 109, 110, 240, 249, 292, 307, 384, 397, 405, 408, 429, 438, 445, 456, 463.

CHIROBALISTE d'Héron d'Alexandrie, présent ouvrage. — 109, 112, 116, 118, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 384 = 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 115, 350, 351, 352, 353, 354, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 385, 386, 387, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 402, 404, 406, 409, 410, 413, 414, 415, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 428, 429, 431, 432, 433, 436, 439, 448, 449. (Voy. fig. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 et 28.)

Chirobaliste, engin portatif à projectile aigu. —

18, 31, 40, 52, 57, 72, 73, 75, 78, 87, 120, 122, 123, 125, 126, 128, 130, 132, 138, 140, 281, 295, 300, 303, 303^d, 303^g, 303^h, 303ⁱ, 303^j, 304, 304^b, 304^k, 305, 305^f, 306, 306^a, 306^b, 306^c, 306^f, 307, 307^a, 310, 311, 313, 314, 331, 335, 343, 390, 396, 397, 398, 401, 403, 417, 422, 423 = 49, 61, 89, 197, 201, 240, 279, 282, 293, 297, 299, 307, 310, 330, 359, 395, 411, 437, 458, 463, 468. (Voy. *Manubaliste*.)

Chirobaliste, type mixte entre la baliste et la catapulte, 397 = 149. (Voy. *Σκορπίδιον, Scorpion, Manubaliste*.)

Chorda, câble, faisceau *névrotone*, 15. VEG. (Voy. *Nervus, Funis nervinus*.)

Chute des corps (Effets de la), 266, 303ⁿ.

Ciseau à main ou de menuisier, 384, 307^c.

CLAUDEL (*Formules*, Paris, 1856, in-8°), 268, 468, 479.

Clastrum, verrou, gâchette, 304, 304^a, 304^b. AMM. MARC. (Voy. *Σχαστήρα*.)

Clavette, 305ⁱ.

Clef, 304^a = 205, 226.

Climacium, THÉV. Climacis, idq, Échelle (monture de la baliste), 45 = 166. VITR. (Voy. *Κλιμακίς*.)

Cliquet d'arrêt, pièce de la batterie des engins, 166 = 437. (Voy. *Κλέϊος* et fig. 3.)

Cliquetis sonore, 31, 305^a. (Voy. *Sonitus, Ὁμοτονούντως*.)

Clochette, 305^g. (Voy. *Κρίκος*.)

Clou, clouage, 177, 178, 181, 183, 189, 306, 345, 347.

Coin, 169, 309 = 206.

— (Bandage des faisceaux à l'aide du), 249 = 206, 274, 277.

Collarium, collier, chape, 305, 307. (Voy. *Κρίκος*.)

Colliers (voy. *Ovale*), 305^a, 305^j, 316, 317, 319, 320.

— (voy. *Chape*), 273, 274, 305^b, 305^j.

Colonne Trajane, 52, 77, 78, 122, 301. (Voy. fig. 18.)

Colonnnettes du portique de la Chirob. 301, 306.

1 A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

306^b, 306^k, 306^l, 306ⁿ, 352, 356, 357,
360, 361, 362 = 359, 405. (Voy. Στυλ-
ρια et fig. 25 et 26.)
Commettage (Outil de), pour cordier, 169 =
180. (Voy. Συμβόλιον.)
Compartiments du portique de la Chirob. 356.
(Voy. Ἰσα [eis τρία].)
Compression, ressorts de la Chirob. 274. (Voy.
Κατευτονεῖν.)
Concours entre constructeurs antiques, 146.
Conoïde, battant de la Chirob. 307^a, 307^c,
307^d, 384 = 38, 81, 359, 456. (Voy. Κω-
νοειδής, Bras, Levier balistique et fig. 27 et
28.)
Constantin I^{er}, 11 = 40, 89.
CONSTANTIN-PORPHYROGÉNÈTE (De Administr.
Imperii, Leyde, 1611, in-8°, et De Cerimon.),
11, 15, 29 = 7, 8, 9, 89.
Construction des places fortes et ports, 269.
(Voy. Βελοποικῶν Λόγος Ε, de PHILON de
Byzance.)
Contour ferme, 316. (Voy. Κρίκος.)
— des mains de la Chirob. 425. (Voy.
Ἐργον γραφικόν.)
Contre-fiche, 189, 194 = 74. (Voy. Ἀντηπε-
διον.)
Convergence des battants du πάλιντονον (ba-
liste), 4, 225, 365 = 148, 166, 182, 183,
206, 211, 247.
Convexité de la table euthytone (à l'arrière),
215.
Copistes (Erreurs des), 270, 416.
Corbeau, pièce de batterie des engins, 166. (Voy.
Κόραξ et fig. 3.)
Corde archère, 76, 159, 165, 166, 167, 171,
187, 191, 193, 198, 211, 226, 227, 245,
246, 262, 265, 274, 304^k, 304ⁿ, 307^a,
363, 369, 382, 383, 387, 391, 392, 393,
394, 396, 398, 400, 401, 404, 407, 423
= 81, 167, 184, 231, 247, 249, 263, 359,
462.
Cordes (Machines de), 145, 169 = 308.
Cordons névrotone, 169, 185, 198, 256, 257,
258, 269 = 179, 277, 279. (Voy. fig. 4.)
Cornes d'un arc, 141, 159, 168, 232, 233,
275, 370, 376 = 301. (Voy. Κέρας.)

Cornua arcuata , 306. (Voy. Côtes arquées,
Arcs-boutants.)
Corps, monture, partie centrale des engins, 159.
(Voy. Σύριγξ, Κλιμακίς.)
Corrections de texte, 89, 90, 114, 115, 116,
117, 118, 321, 352, 354 = 88, 96, 97,
98, 99, 101, 103, 201.
Cotes d'exécution, 95, 113, 119, 120, 309,
315.
Côtes arquées (τὰ ) , 306, 345, 347, 348,
363, 369, 370, 376, 377, 380 = 403.
(Voy. Arcs-boutants, Gril et fig. 25 et 26.)
Coude, 298, 299. (Voy. Πτέρνα, Talon.)
Coudée = 24 doigts = 0^m,462.
Coulisse, monture de l'ὀξυδελής (catapulte, ma-
nubaliste), 66, 122, 125, 160, 164, 188,
303, 303^a, 303^d, 303^f, 303^g, 303^h, 303ⁱ,
303^j, 303^k, 303^l, 305^a, 314, 339, 344,
348, 355, 365, 366, 367, 370, 374, 376,
394 = 153, 359, 395, 429. (Voy. Σύριγξ,
monture, et fig. 1, 3, 19, 20 et 36.)
Couple balistique névrotone, 287.
Courbure (Arc à simple ou double), 230, 232,
233. (Voy. fig. 12.)
Couronne, tablette supérieure du bâti, 74. (Voy.
Tabula.)
Course de la corde archère, 247, 369, 383,
396, 398, 407 = 330, 359, 433, 471.
Coussin flexible, 81.
Crapaudine, 305, 305^a, 305^h, 305^j, 314, 327,
328, 330, 386 = 359. (Voy. fig. 23 et 24.)
Crémaillère, 166 = 437. (Voy. fig. 3.)
Crétois, inventeurs du Scorpion, 143.
Creux de la chape de pivot (Chirob.), 330,
331 = 383. (Voy. Κρίκος.)
Criard (Bruit) des ressorts de la Chirob. 305^a.
(Voy. Sonitus.)
Crin (Emploi du) dans les engins névrotone,
141 = 217.
Crochet, attache de la corde archère (Chirob.),
198, 304^f, 305^g, 307^a, 363, 380, 384,
387, 388, 392, 393, 394 = 81, 359, 446,
457. (Voy. fig. 27 et 28.)
Croissant (En forme de), 125, 303, 303^m,
370, 374, 376 = 152. (Voy. Σελήνοειδής et
fig. 1.)

Croissant *origine de Crosse*, 303^m.

Crosse, 31, 52, 112, 125, 163, 164, 165, 303, 303^h, 303^m, 306^a, 339, 344, 365, 370, 373, 376 = 159, 240, 359, 438. (Voy. *Καταγωγίς*, *Croissant* et fig. 1, 3, 19 et 20.)

Croupe, *arrière culminant des engins*, 164, 216. (Voy. *Χελώνιον* et fig. 9.)

Cuivre, 270 = 55.

Culasse, *arrière des engins*, 164, 216. (Voy. *Χελώνιον*, *Tortue* et fig. 9.)

Curvatura, *courbure*, 49, 307 = 71, 206, 401. VITR.

CTÉSIBIUS, ingénieur d'Alexandrie, 9, 31, 50, 75, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 129, 143, 152, 153, 154, 249, 261, 280, 309, 310 = 75, 113, 136, 138, 139, 243, 271, 282, 299, 308, 310.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

D, Δ

Daces (Manubaliste des), 301. (Voy. *Colonne Trajane* et fig. 18.)

Déclic, *batterie des engins*, 166, 262, 304, 304^a, 338, 372 = 173. (Voy. *Κατακλείς*, *Κλείσις*.)

Décor *artistique*, 121, 123, 135, 362, 403.

— des *machines de jet*, 30, 31.

Découpage du bois, 306^a, 337, 346, 351, 364, 366 = 200, 395, 403, 424, 425.

Défauts des engins *névrotiques*, 249, 252, 259.

Défense des places, 5 = 266, 269.

Deformatio, *tracé d'épure*, 206, 401. VITR.

Δεκαμναῖος (πετροδόλος), *pierrier de 4 $\frac{2}{3}$ (kilos)*, 266. PHIL.

Delaunay (M. Ferdinand), 120.

Démontage des *faisceaux*, 279.

— des *ressorts*, 279, 280.

Dendérah (voy. *Tentyris*), 297.

DENON (Voyage dans la basse et haute Égypte, Paris, an x [1802], grand in-folio), 297 = 337, 338.

Dentée (Pièce), 166.

DENYS d'Alexandrie, ingénieur grec, 47.

Denis (l'Ancien), 146.

Denis (le Jeune), 146 = 129.

Détente (Jeu de) d'un *engin*, 247, 257, 264, 265, 274, 304^a, 304^h, 304^m, 305^a, 423 = 162. (Voy. fig. 2.)

Dévidage des *faisceaux*, 256.

Διαθήτης, *compas (pour décrire la parabole)*, 34. EUTOC.

DIADÈS, ingénieur grec, 243.

Diagramme *balistique de la Chirob.* 410. (Voy. fig. 49.)

Diagonales (Rôle des) dans l'épure des engins, 362, 363. (Voy. fig. 41, 42, 43 et 44.)

Diamètre, 337 356, 357 = 362.

— d'un *boulet en modules*, 219.

— des *lucarnes névrotiques* ou MODULE, 202, 312.

Διαμπερές, *de part en part*, 304. HÉR. D'ALEX.

Διαπήγιον, *entretoise, traverse, barreau (d'échelle)*, 45, 306. HÉR. D'ALEX., PHIL. DE BYZ. (Voy. *Entretoise, Traverse*.)

Διάστημα, *intervalle (entre deux pièces)*, 305, 306, 306^m, 313. HÉR. D'ALEX. (Voy. *Écartement*.)

Dimensions des *machines de jet*, 201, 244, 270, 271, 394 = 227, 359. (Voy. *Proportions des machines de jet*.)

Διμναῖος (πετροδόλος), *pierrier de $\frac{4}{7}$ (kilo)*, 266. PHIL.

DIOCLES, mathématicien grec, 220.

Dioclétien, 11.

DIODORE de Sicile (*Histoire*, Paris, 1843, 2 vol. in-4°, Didot), 146 = 126, 128, 149, 266.

Diplomatique (Insuffisance de la) dans l'étude des *ingénieurs antiques*, 327.

Διόπτρα, *ligne de mire*, HÉR.; *tiroir (d'oxybèle)*, PHIL., 89, 206.

DIRECTRICES BIAISES, *parallèles fondamentales de l'épure des machines de jet grecques*, 370, 371, 373, 376, 377, 379, 394. (Voy. *Obliques [directrices]* et fig. 42, 43 et 44.)

Διτομή, *double tenon*, 177 = 197. HÉR. D'ALEX.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Διχηλον (et non *διχειλον*), pièce fendue, fourchette, bride double, 304, 304^a = 95, 156.

HÉR. D'ALEX.

Διόσπρα, tiroir (d'engin à projectile aigu), 125, 164, 303, 303^d = 33, 89, 160, 165, 166, 169, 171, 174. HÉR. PHIL.

Doigt, mesure de longueur = 0^m.019.

Doigt, pièce de machine, 162, 164, 198, 304^a, 362, 381, 382, 383, 392, 394.

Dolatum, équarri, 303^a. THÉN.

Doucine, 306^d.

Douille, 369, 398. (Voy. Τρήμα.)

Dos de scorpion, 424.

Δρακόντιον, serpentou (batterie de la Chirob.), 304, 304^a; 304^b. HÉR.

Drachme, poids = 4^g.363.

DUCANGE (*Gloss. med. et infim. græcit.* Paris, 1688, in-folio), 41 = 44.

DUPOUR (*Mémoire sur l'artillerie des anciens et sur celle du moyen âge*, Paris-Genève, 1840, in-4°), 7, 59, 84, 237, 241, 243, 244,

245, 246, 248, 418, 421 = 66, 84, 153, 159, 160, 162, 173, 178, 191, 200, 201, 207, 216, 218, 228, 249, 250, 251, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 267, 268, 272, 307, 330, 480, 481, 482, 483.

DUHAMEL DU MONCEAU (*Du transport, de la conservation et de la force du bois*, 1767), 306.

DUPIN (Baron Charles), 306.

DUMÉRIL (*Dictionn. des sciences nat. Entomolog. Aptères*), 297 = 341.

Duplication du cube, 200 = 112, 220. (Voy. REIMER.)

DUPUIS (*Origine de tous les cultes*, Paris, 1822, in-8°), 297 = 339, 340.

DUREAU DE LA MALLE (*Poliorcétique des anciens*, Paris, 2 vol. in-8°), 7, 230 = 125, 188, 246. (Voy. fig. 50.)

Duruy, 76.

Δωδεκαμναῖος (πετροδόλος), pierrier de 5 $\frac{1}{2}$ kilos, 266. PHIL. BYZ.

E

Écartement, 313, 336, 358 = 263. (Voy. *Διάστημα*, Intervalle.)

Échelle, monture de l'engin *παλιντονον* (baliste), 207. (Voy. *Κλίμακς* et fig. 9.)

Échelette, base de portique (Chirob.), 124, 188, 189, 212, 214, 216, 217, 306, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 306^g, 311, 314, 326, 331, 334, 336, 339, 342, 345, 346, 347, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 362, 363, 367, 377, 378, 379, 382, 389, 393, 394, 398 = 197, 359, 395, 416, 425, 456. (Voy. *Κλίμακσιον*, Gril et fig. 25, 26, 35 et 36.)

Écheveau, 169, 185, 227. (Voy. *Φαίσεαυ*, *Τόπος* et fig. 4 et 5.)

Écrou, 309, 384, 388 = 453. (Voy. *Ἐκρόσιον*.)

Écrouissage du métal. (Voy. *Βαττάγε*, *Κρότησις*.)

Écusson, pièce du bâti de l'engin *παλιντονον* (baliste), 180, 181, 182, 183, 185, 193, 194, 203, 204, 207, 225, 252, 253, 254,

255, 306^b, 306^c, 311, 327, 331, 342, 344, 371, 389 = 200, 201, 223, 224, 240, 274, 276, 401. (Voy. *Scutula*, *Περίτρητος* et fig. 7, 9, 51, 52 et 53.)

Éditeurs (précédents) de la *Χειροβασίπρα*, 90, 97, 100, 103, 111, 112, 305^f.

Éditions (précédentes) de la *Χειροβ.* 6, 89, 90, 102, 113, 116, 302, 305^a, 306^l.

Éditions de VITRUVIUS, 286, 287 = 243, 317.

Effort balistique, 174, 241, 245, 246, 264, 265, 274, 406 = 247, 299.

— de bandage des engins, 404 = 473. (Voy. fig. 48 et 49.)

— des bras de l'homme, 468.

ESCHER (E.), édité de la traduction de Pindare de J. F. Boissonade, 83.

Εικοσιμναῖος (πετροδόλος), pierrier de 8 $\frac{1}{2}$ (kilos). PHIL.

Ἐκτός (τὸ), l'extérieur, l'avant du bâti (des machines de jet), 165, 225, 304^b = 166, 183, 206, 208, 283, 468. HÉR. PHIL.

Élasticité, 168, 232, 257, 274, 275, 277 = 293.

ÉLIEN (*Var. Hist.* Zurich, 1556, in-folio), 146 = 129.

Ἐμβολεύς, gabarit, forme (en bois), 271. PHIL.

Embrasure, forme du bâti du *παλιστονον* (baliste), 226, 234, 301 = 178, 207, 215. (Voy. *Bâti*, Πλινθιον.)

Embrasse, 198. (Voy. *Ζώνη*.)

Empan, mesure de 12 doigts = 0^m. 231.

Ἐντόνος, engin à battant unique, 172 = 186.

HÉR. (Voy. *Μονάκων*, *Pierrier-fronde*, *Catapulte rom.*, *Onagre*.)

Encastrement, 376.

Engins (Pluralité des) de la *Χειροβαλλίστρα* 38.

— à ressort (Supériorité des), 279, 295.

— de siège, 422.

— de la colonne Trajane. (Voy. fig. 23.)

Engrenage, 284, 309.

Entaille, 180, 181, 183, 253, 254, 304, 304^f, 342, 354, 373, 378, 380 = 277. (Voy. *Ἐστομή*.)

Ἐστομή, entaille, mortaise, 304, 304^m, 305 = 441. HÉR. PHIL.

Ἐντόνιον, tendeur, outil de bandage (des faisceaux), 195, 198 = 277. HÉR. PHIL.

Ἐντός (τὸ), l'intérieur, l'arrière du bâti des machines de jet, 304^b = 166, 183, 283. HÉR. PHIL.

Entraxe, 332, 333. (Voy. *Διστοίμα*.)

Entretoise, 186, 189, 212, 215, 306, 336, 345, 346, 370, 394 = 416. (Voy. *Διαπήγιον*, *Traverse*, *Barreau* et fig. 25 et 26.)

Ἐπάνοδος, invasion, retour offensif, 146. HÉR.

Épée (Lame d') cellibérienne, 153, 176 = 305.

Épictète, 145.

Ἐπιζυγίδες, freins, tasseaux de bandage du faisceau névrotone, HÉR. PHIL.; *Epizygis*, VITR.; *Epizyges*, W. NEWTON; *Épizyge*, DUFOUR; 172, 184 = 204, 228, 229, 263. (Voy. fig. 8.)

Ἐπίουρα, contreventement (pièce de), 306, 306^m. HÉR.

Ἐπτόνιον, écrou de serrage d'une vis, 453. BITON.

Ἐπιτοξίς, cannelure, siège du trait dans l'oxybèle, HÉR. PHIL.; *Epitoxitis*, VITR.; 164 = Ἐπιτοξίς (?) 161.

Épure balistique des engins, 389, 395 = 263, 265. (Voy. fig. 13, 14, 45, 48 et 49.)

— graphique des engins, 123, 130, 132, 135, 136, 137, 226, 306^f, 311, 314, 318, 320, 321, 325, 328, 334, 339, 340, 342, 345, 349, 352, 362, 363, 364, 365, 371, 374, 376, 388, 390, 393, 394, 403 = 232, 263, 330, 425. (Voy. fig. 41, 42, 43, 44 et 47.)

Équerre en U, 379, 380, 381, 382. (Voy. *Περὶ τέρσιον*.)

Ératosthène, mathématicien grec, 220.

Ermitage (Musée de l'), 247.

Erreurs numériques, 88, 306^b, 306^c.

— de copie, 90.

Escarpolette, 290.

Espagnoles (Épées), 153, 176 = 305.

Étain, 270.

Étranglement, 197.

Étrier, pièce des ressorts de la *Chirob.* 179, 273, 305^a, 305^f, 305ⁱ, 305^j, 321, 322, 323, 324, 325, 327, 328, 329 = 359, 378, 383, 403, 452. (Voy. fig. 23 et 24.)

Étui à flèches (voy. *Καρχήσιον*, *Caisson*, *Carquois*), 188.

— à ressorts, 279, 307^a.

Ἔρπος, largeur ou diamètre (d'un évidement), 305, 305^a, 306^f, 321, 329, 337. HÉR. (Voy. *Πλάτος*.)

Ἐδδότονον, engin à battement direct, 79, 123, 158, 175, 194, 195, 199, 201, 220, 225, 228, 229, 232, 234, 236, 240 = 24, 149, 165, 190, 206, 214, 216, 219, 231, 242, 243, 244, 247, 249, 286. HÉR. PHIL. (Voy. *Catapulte*, *Oxybèle*, *Gastrophète*.)

Euthytonum, *euthytone*, 158, 188, 194, 195, 197, 198, 227, 235, 237, 239, 240, 244, 246, 247, 248, 281, 295, 306^b, 306^c, 311, 314, 347, 365, 395, 397, 418, 420 = 148, 243, 249, 263, 265, 268, 282, 283, 293, 299, 330, 408, 411, 424, 432, 458. (Voy. fig. 10, 11, 14 et 15.)

EUTOCIUS (*In Archimede*, *De Sphaera et cylind.*

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Bâle, Hervag, 1544, in-8°), 32, 33, 68, 306^b = 34, 37.
EUTROPE (*Epit. Bell. Gall.* Paris, Marnef, 1564), 82.
EUSTATHE (*In Iliad. et Odys.* Rome, 1542), 306^m = 247.
Évidement, 253, 254, 305, 305°, 306, 329, 330, 345, 358.

Extérieur (Côté) des engins, 165, 171, 187, 225, 226, 264, 304^b, 306°, 390 = 166. (Voy. Τὸ ἐκτός.)
Exterior regula, bordage de front (de l'embrasure de la baliste), 206, 401. VITR.
Ἐξω (τὸ), l'extérieur d'un engin, 166. (Voy. Ἐκτός [τὸ], Ἐντός [τὸ].)
ÉZÉCHIEL, 145 = 126.

F

FABRICIUS (*Bibl. græc.* Harles, Vienne, 1795), 58 = 139.
Face (Pièce de), 193, 214. (Voy. Ἀντιστάτης.)
Faiblesse de l'appareil névrotone, 252, 253, 255.
Faisceau, appareil de fibres tordues (dit névrotone), 84, 122, 132, 141, 142, 169, 170, 172, 173, 175, 181, 184, 190, 196, 197, 198, 219, 234, 238, 241, 242, 246, 249, 252, 256, 257, 258, 263, 264, 265, 269, 301, 305°, 306^b, 306^f, 312, 313, 332 = 166, 180, 186, 201, 205, 213, 216, 229, 263, 268, 277, 279, 292, 299, 308, 310, 424. (Voy. Τόνος, Ton, Écheveau, Nervus, Nervinus, Funis et fig. 8.)
Faisceau (Demi-), 279, 283, 287, 292. (Voy. ἡμιτόνιον.)
Falarica, falarique, engin incendiaire, 41, 42 = 45. PLINIE.
Fardier, 309.
Fautes grammaticales, 114.
Feder, Federchen, languette, lèvres, 233. KÖCH. RÜST.
Femelle (Pièce), 125, 303, 303^d = 154. (Voy. Femina, θήλυς.)
Femina, femelle (pièce) d'un assemblage, 303.
Fente, 304, 304^m, 305ⁱ, 321, 328, 329, 375, 377. (Voy. Δίχηνλον.)
Fer forgé, 184, 218.
— de flèche, 369, 398. (Voy. Spiculum.)
— de hache (Profil en), 303°. (Voy. Πελικνωτός, Πελικνωτός, Securiclatus.)
— rond, 304, 304^b, 373. (Voy. ἴλη σιδηρά, Fil de fer.)

Feu (Engin à lancer du), 23. (Voy. Falarica, Πυροβόλον.)
Feuille de lierre, ornement des battants χαλκόντοι, 273, 307^b, 386 = 297. (Voy. Κισσόφυλλον.)
Fibres tordues (Faisceau de), 84, 122, 132, 141, 169, 175, 198, 234, 249, 295 = 179, 217, 299, 306. (Voy. Faisceau, Τόμος.)
Fibula, goupille, 304. THÉV.
Fil (rudiment), névrotone, 305°. VINCENT.
— de fer, 304, 304^b, 373. (Voy. ἴλη σιδηρά.)
Filet de vis, 315.
Filière (Fer étiré à la), 304^b.
Flanc (Pied-droit de) dans le bâti παλίστονον, 176, 177, 178, 182, 185, 191, 193, 206 = 193, 206. (Voy. Παρὰστάτης, Montant latéral et fig. 6 et 7.)
Flèche, 13, 151, 158, 159, 227, 238, 295, 296, 349, 369, 395, 396, 397, 398, 401, 414, 420 = 20, 149, 188, 206, 282, 359, 462. (Voy. Trait, Projectile aigu et fig. 46.)
Fléchissant (Corps ou solide), 306.
Flexibilité du métal, 276, 307^a.
Flexilis arcus, 15, 247. AMM. MARC.
Flexion, 232, 276, 339, 405 = 245, 473.
—— (Lois de la), 306.
FOLARD (DE) (*Comment. sur Polybe*, Amsterdam, 1753, in-folio), 7 = 201, 207, 249.
Fond de la crosse (Chirob.), 366, 370, 374, 376.
— de la gorge des ressorts (Chirob.), 391, 394, 405.
— des mains (Chirob.). 359.

Foramen, trou (de la lucarne du barillet névrotone); diamètre du même trou (MODULE), 206, 223, 229, 230, 232, 238. VITR. (Voy. Τρῆμα, Calibre.)
Force vive (balistique), 405, 412 = 288, 289.
 — de chute, 266, 267 = 288, 289.
Forgé (Fer), 184, 218.
Formules balistiques, 240 à 249, 404 à 423.
Fortification, 5. (Voy. Βελοπ. λόγ. Ε, Math. vet. p. 49 à 78.)
Fourchette, 304, 304^a, 304ⁱ, 304^l, 306, 306^a, 306^f, 351, 358, 359, 361, 375, 376 = 359, 438, 440. (Voy. Δέχνηλον et fig. 21, 22, 25 et 26.)
Fourrure, pièce de renforcement, 407.
Franeke (Ms. de Vitruve, à la biblioth. de), 289 = 326.
Frein, support du faisceau névrotone, 172, 173, 184, 185, 208, 218, 241, 305, 305ⁱ = 205, 228, 229, 263, 277, 279. (Voy. Ἐπιζυγίδες et fig. 8 et 54.)

FREUND (Diction. lat. trad. par M. Theil, Paris, Didot, petit in-folio) 315, 328.
Fronde, 13, 21, 31, 143, 158, 259, 421 = 149, 282.
Fronde (Pierrier), 295 = 149, 243. (Voy. Ἐνδοτονος, Μονάγκων.)
Front d'un engin (l'avant de l'embrasure), 370 = 193, 214.
 — (Pied-droit de), dans le bâti παλίστονον. — 176, 178, 179, 182, 185, 195 = 74. (Voy. Ἀντιστήτης, montant de face.)
Fronton grec, 327. (Voy. Rampant.)
Frons, front d'un engin, 202. VITR.
Frottement, 173, 388.
Funda, fronde, 334. VÉG. (Voy. Σφενδόνη.)
Fundibulator, funditor, frondeur, 13. VÉG.
Funiculum, cordon, corde de machine de jet, 127. VULG.
Funis, corde, faisceau névrotone, 15, 308. VITR.
 — nervinus, cordon de nerfs, 17, 290. VÉG.
 — tortus, faisceau tordu, 277. VITR.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

G, Γ

Gabarit, 271. (Voy. Ἐμβολαίς.)
Gâchette, 164, 165, 188, 304, 304^a, 304^a, 304ⁱ, 304^l, 304^m, 304ⁿ, 348, 375, 376, 377, 382 = 359, 438, 440, 441. (Voy. Σχαστήρια, Verrou et fig. 2, 21 et 22.)
Galilée, 306.
Γαστροφάτης, gastraphète, arbalète primitive, 52, 53, 125, 167, 174, 303^a, 303^m = 166, 175, 282. (Voy. Ventre et fig. 1 et 3.)
Gaule (Campagne de), 296.
Gautier (Léon) (Épopées françaises, Paris, 1868, grand in-8°), 130.
GIOCUNDO (VITRUBE, 2^e édit. Venise, 1511, petit in-folio), 25, 287, 294 = 223.
Girars de Viane, 130.
Glissières, 126.
Gorges des Καμβόστρια, 76, 305^a, 307^b, 328, 341, 384, 390, 391 = 81, 297, 359, 451, 456. (Voy. fig. 23 et 24.)
 — des pieds-droits (bâti névrotone), 177, 178, 193. (Voy. fig. 6.)

Goupille, 162, 166, 304, 304^b, 322, 373, 375, 388. (Voy. Περώνη, Fibula.)
Grammaticales (Corrections), 116, 117, 118.
 — (Erreurs), 119.
Grieschische Kriegsschriftsteller, Köchly et Rüstow, Leipzig, 1853, in-8°, 1^{re} partie = 66, 85. (Voy. KÖCHLY et RÜSTOW.)
Guerre maritime, 266.
Guetter, 188. (Voy. Affût [A Γ].)
Griffe, pièce de batterie des engins, 162, 164, 165, 188, 262, 304^a. (Voy. Δέχνηλον et fig. 2.)
Gril, ensemble de l'échelette et des côtes arquées (Chirob.), 347, 351, 353, 354, 355, 364, 369, 370, 376, 377, 380, 394 = 359, 408, 425, 452. (Voy. Κλιμάκιον, Échelette et fig. 25 et 26.)
Grinçant (Ressort), 293, 305^a. (Voy. Τρίξιν, stridere.)
Grincer des dents, 293, 305^a. Voy. Τρίξιν stridere.)
Grue de levage, 309.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Handballiste, 68. KÖCHLY et RÜSTOW.
HARLES (*Bibl. græc. Fabricii*, Leipzig, in-4°),
58 = 65.
Harmonie graphique, 362, 388, 393.
Haut (En), 165, 189. (Voy. *Αὐδ.*, *Ἀνα.*)
HÉBÉTOR de Byzance, ingénieur grec, 223.
Ἡλος, clou, 198.
Ἡμισπίθαμος (ἡμισέλης), arbalète à flèche de
 $\frac{1}{2}$ empan = 6 doigts = (0^m, 114), 397. PHIL.
Ἡμίτονιον, moitié du bâti névrotone correspondant
à un faisceau, HÉR. D'ALEX.; moitié du fais-
ceau lui-même (voy. fig. 54), PHIL. DE BYZ.;
hémitonion, SILBERSCH; hémiton, DUF.: 130,
172, 185, 186, 187, 189, 194, 208, 213
= 186, 206, 207, 225, 283.
HÉNATON, 172 = 186. (Voy. *Ἐνάτονες*, *Μονό-
κων*, *Pierrier-fronde*, *Onagre*.)
Herculanum (Le Pâris d'), 247.
HÉRODOTE, 229, 233. (Voy. *Παλίντονα τόξα*.)
HÉRON D'ALEXANDRIE, ingénieur grec (*Βελο-
ποιῖκᾱ*, Wescher, 1867, in-4°; *Χειροβαλλί-
στρος κατασκευὴ καὶ συμμετρία*, présente édi-
tion; *Ἀυτοματοποιῖκᾱ*, *Math. vet.* Paris, 1693,
in-folio): 7, 9, 10, 32, 33, 34, 38, 46,
56, 57, 61, 62, 63, 67, 68, 71, 73, 90,
108, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127,
128, 129, 130, 132, 133, 134, 140, 152,
153, 155, 158, 175, 190, 199, 200, 202,

H

225, 226, 227, 239, 249, 251, 281, 284,
294, 295, 296, 298, 303, 303^c, 303^d,
303^e, 303^f, 303^h, 304, 304^h, 305, 305^e,
305^g, 305ⁱ, 306^a, 306^b, 306^j, 306^m, 307,
307^a, 308, 313, 316, 317, 320, 323, 329,
334, 337, 338, 345, 351, 359, 366, 370,
397, 413 = 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40,
43, 46, 48, 68, 89, 113, 139, 143, 147,
148, 149, 152, 166, 182, 188, 201, 206,
220, 238, 243, 249, 277, 283, 299, 310,
336, 438, 441. (Voy. *Βελοποιῖκᾱ*, *Χειρο-
βαλλίστρα*.)
HÉRON de Byzance (*Ἀνομόμου ἦτοι Ἡρώου Βυ-
ζαντίου Πολιορκητικᾱ*, Wescher, Paris, 1867),
123 = 23.
Hervag, 68 = 34. (Voy. EUTOCIUS.)
HÉSYCHIUS (*Lexicon*), 157, 180, 207, 245, 247.
HIRTIUS (*Bell. Afr.*, *Bell. Hisp.*, *Bell. civ.*), 24,
295 = 26, 331, 332, 333, 334, 335.
Höfer (*Nouv. Biogr. univ.*), 6.
HOMÈRE, 229, 233, 306^m = 244.
Horace, 45.
Horreur du vide (Principe de l'), 309.
Humidité (Effet nuisible de l') sur les engins
névrotones, 82, 292.
Hune, 188. (Voy. *Καρχήσιον*, *Ἀφίτι*, *Carquois*
et fig. 50.)
HUYGENS, 316. (Voy. *Anse de panier*.)

I

Impulsion, 364, 369 = 292.
Incisio, entaille, mortaise, 304, 306.
Inclinatio, inclinaison (du tir), 236, 238, 239,
304^a = 189, 249, 264, 286.
Incorrections (de texte), 92, 93, 95, 97, 100,
102, 107, 111, 113, 119 = 92, 94, 95,
98, 99, 100.
Ingénieurs antiques (Science profonde des), 309.
Installation du Décliv (Chirob.), 372. (Voy. *Κλελ-
σις*.)

Installation des Ressorts (*Chalcot.* et *Chirob.*),
273, 341 = 398.
Instrument (ou Outil), 313. (Voy. *Organum*,
Ὅργανον.)
Intérieur (Côté), région en arrière du bâti (ma-
chine de jet), 304^b = 183, 283. (Voy. *Τὸ
ἐντός*.)
Intermédiaire (Pied-droit), montant du bâti né-
vrotone joignant la monture, 195, 196, 197,
223, 253 = 214, 279. (Voy. *Μεσοστήτης*.)

Interpolation, 9, 10, 44, 95, 113, 115, 119 = 48.

Intervalle, *distance de deux pièces parallèles*, 334, 348, 354, 356, 357 = 213, 407.

(Voy. *Διάστημα*, *Écartement*.)

Intrados de la voûte (*Chirob.*), 359.

Investissement (*Ligne d'*), 421 = 480.

ISIDORE d'Abydos, ingénieur grec, 453.

ISIDORE de Milet, géomètre grec, 33, 36, 38 = 34, 36, 37.

Isocyclorum, terme incorrect des manuscrits de Vitruve, 291.

Ἰσα (*eis tria*), *en trois régions égales*, 306, 306^b.

HÉR. D'ALEX. (*Chirob.*). (Voy. *Compartiment*.)

ἰσομήκης, *de même grandeur ou profil*, 303^o.

HÉR. D'ALEX. (*Chirob.*)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

J

Jaculatores, *soldats armés de javelots*, 13. Vég.

Jaculum, *javelot*, 13, 249.

Javelot, 259.

JÉRÉMIE (Θρηνοί), 145 = 127.

Jérusalem (*Siège de*), 483.

Josèphe, 483.

Jones (*des pieds-droits*) du bâti névrotone, 182.

JOURNAL DES SAVANTS, 87, 303^m, 304^o, 306ⁿ = 87, 175, 266.

Juger (*Tir au*), 238 = 165. (Voy. XÉNOPHON.)

JULES L'AFRICAIN (*Κεκοί*, ap. *Math. vet.*), 303^o.

JUSTE-LIPSE (*Poliorceticôn libri V*, Anvers, 1525, petit in-4^o), 7, 38 = 25, 31, 41, 126, 247.

K

Καμάριν, *Art des voûtes*, 32, 33, 68, 306^b = 34. EUTOC.

Καμάριον, *arcade, portique, petite voûte*, 34, 41, 45, 68, 69, 71, 124, 130, 303^a, 306, 306^b, 327, 338, 341, 389 = 43, 70, 71, 279, 395, 416. HÉR. D'ALEX. (*Chirob.*) (Voy. *Arcade, Portique, Voûte*.)

Καμβέσπρια, *ressorts (d'acier) balistiques*, 31, 34, 40, 45, 49, 56, 67, 69, 71, 72, 122, 124, 130, 281, 284, 293, 294, 301, 303^a, 305, 305^a, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 307^a, 313, 314, 316, 318, 319, 320, 327, 328, 331, 332, 338, 339, 340, 341, 342, 354, 355, 358, 389, 390, 391, 394 = 29, 38, 70, 71, 81, 107, 378, 398, 424, 454, 463. HÉR. D'ALEX. (*Chirob.*) (Voy. *Ressorts, Χαλκόντονον* et fig. 23, 24, 31, 32, 34 et 37.)

(Καμπ)-έ-(σφι)-ον, *forme radicale de Καμβέσπριον*, 293, 305^a.

Καμπέειν, *courber, ployer*, 293, 305^a = 71.

Καμπήτρια, *équivalent de Καμβέσπρια*, 305^a.

T. H. MARTIN (de Rennes).

Κάναθος, *chanvre (pour engins névrotones)*, 8. CONST. PORPHYR.

Κανόνιον, *petite pièce de construction*, 304, 305, 306, 306^e, 307, 351, 359.

Κανόν, *règle, pièce de construction (en général)*, 45, 125, 303, 303^a, 303^b, 303^c, 304, 305, 306 = 155.

Καρχήσιον (et non Καλχήσιον), *piéd de machine de jet, affût, caisson, carquois, hune*, 174 = 188. HÉR. D'ALEX., PHIL. DE BYZ. (Voy. *Carquois* et fig. 50.)

Κατά, *en bas*, et par extension *en arrière* (l'arrière des machines de jet étant la partie la moins élevée des engins), 165, 189.

Κατάγειν, *ramener (de haut en bas, en arrière), refouler le tiroir, mettre l'engin au bandé*, 163, 167, 169, 171, 187, 209, 255, 298, 302. (Voy. *Ανάγειν*.)

Καταγωγή, *refoulement (du tiroir), bandage de l'engin*, 168, 176, 277, 291, 300. HÉR. PHIL.

Καταγωγής, *refouloir, crasse (dans le gastraphète)*, 125, 164, 303, 303^m = 152, 162. HÉR. D'ALEX.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Κατακλείς, *déclat, cliquet, rochet*, 166, 304^a = 173, 281. HÉR. D'ALEX.
Καταπέλτης ou **Καταπέλτης**, *catapulte, engin névrotone à projectile aigu* (chez les Grecs) ou *rond* (chez les Romains), 129, 149, 243, 266. (R. **Κατά**, **Πάλλω**.)
Καταπαλτικόν, *Art des machines de jet*, 113. BILTON, PAPPUS.
Καταπελτικόν (τὸ), *Balistique appliquée*, 155 = 128, 149. DION. SIC.
Κατασκευή, *structure, construction effective*, 303, 307.
Κατευτονεῖν, se dit de l'élasticité des corps, 303. PHIL.
Κατοχῆς, *pièces de retenue, amarres, brides*, 164, 304^a. HÉR. D'ALEX.
Κάτω (εἰς τὸ μέρος), *vers le bas, vers l'arrière*, 189, 215. HÉR. PHIL. (Voy. **Κατά**, **Ἀνά**, **Ἄνω**.)
Κέρας, *corne ou branche d'arc*, 301.
Kertch (Vases de), 247.
Κιλλίβας, *chevalet, tréteau, affût d'engin*, 277.
Κινεῖν (voy. **Κοινεῖν**), 304ⁱ.
Κίνησις, *mouvement*, 304^a.
Κισσόφυλλον (voy. *Feuille de lierre*), 273, 307^b, 386 = 297.
Κλίσσις (et non **Κλίσσις**), *déclat, batterie*, 85, 116, 303^a, 304, 304^a, 338. HÉR. (Chirob.)
Κλιμάκιον, *échelette, gril, base du portique*, 34, 45, 124, 130, 306, 334, 338 = 416. HÉR. (Chirob.) (Voy. **Gril**.)
Κλιμακίς, *échelle, monture* (du **παλίντονον** ou *baliste*), 188 = 166. HÉR. PHIL. (Voy. *Monture* et fig. 9.)
KÖCHLY ET RÜSTOW (*Griechische Kriesschriftsteller*, Leipzig, 1853), 7, 61, 84, 157, 159, 166, 171, 175, 181, 183, 185, 192, 198, 200, 202, 221, 251, 252, 254, 257, 259,

261, 262, 264, 269, 271, 275, 277, 279, 303^a, 303^d, 303^m, 304^a, 306^a = 75, 85, 122, 128, 139, 143, 147, 154, 156, 166, 181, 183, 186, 189, 190, 194, 196, 198, 199, 201, 206, 209, 210, 215, 216, 221, 222, 229, 233, 236, 243, 249, 263, 268, 269, 271, 277, 292, 293, 296, 301, 304, 308, 317, 336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426, 461.
Κοινεῖν, *ajuster, assembler*, 304, 304ⁱ = 95.
Κόραξ, *corbeau, doigt d'arrêt, rochet*, 166 = 157. HÉR. (Bélop.).
Κορυφή, *extrémité, pointe, about*, 307, 307^b, 307^d, 385. HÉR. D'ALEX. (Chirob.) (Voy. **Ἀνακαμπή**.)
Κρατεῖσθαι, *être commandé par, se dit d'une pièce mise en mouvement par une autre*, 292. PHIL. (Beλ. λόγ. Δ).
Κρίκος, *anneau, bracelet, contour fermé rigide*, 305, 305^a, 307, 316, 330, 384. HÉR. D'ALEX. (Chirob.)
Κροτεῖν, *battre, écrouir (le métal)*, 295. PHIL. (Voy. *Écrouissage*.)
Κρότησις, *battage, écrouissage (du métal)*, 305. (PHIL.)
Κρόταφον (κατά), *de côté, de profil*, 305, 329. HÉR. D'ALEX.
Κύλινδρος, *cylindre, en général surface de révolution, pièce tournée (de profil quelconque)*, 305, 305^a, 321, 329, 330 = 384. HÉR. D'ALEX.
Κωνοειδής, *conoïde, pièce tournée en forme de poire* (c'est-à-dire plus grosse d'un bout que de l'autre), 75, 76, 77, 124, 303^a, 307, 307^a, 307^d, 338, 384, 388 = 38, 446, 447. HÉR. D'ALEX. (Voy. fig. 27 et 28.)
Κωρυκωδής (?), VINCENT, 75. (Voy. *Bourse de cuir*.)

L, Λ

Lacunes, 94, 95, 113, 114, 116, 117, 119, 306ⁱ, 307^a, 330 = 93, 198, 397.
LAMBÉCIUS (*Commentarii de Bibliotheca Cæsarea Vindob.* Vienne, 1675, grand in-folio), 40,

43, 45, 58, 70, 84, 305^b = 43, 52, 65, 81.
Lame (d'épée), 153, 176, 277, 278. (Voy. *Élasticité*.)

Lames des étriers, 321, 323.
 — des *Καυδέσγρια*, 273, 275, 305, 306^f, 306^g, 320, 321, 325 = 455. (Voy. *Resorts*.)
Laminæ æneæ, 49 = 57. MEIST.
Laminæ ferreæ, 49, 305 = 202. MEIST.
 Languette (Profilé à), 125, 303. (Voy. *Rainure*.)
 Largeur d'un plein, 329, 330. (Voy. *Πλάτος*.)
 — d'un vide, 329. (Voy. *Εἶδος*.)
 Latéral (Montant ou Pied-droit), 176, 195, 196, 197, 222, 253 = 74, 190. (Voy. *Παράστας*.)
Latini scasciclorum (mss. de VITR.), 288.
Latinis scidorum (mss. de VITR.), 287.
Latini soscidorum (mss. de VITR.), 288.
Latinis oscillorum (leçon correcte, mss. de VITR.), 290, 292.
Lationis (mss. de VITR.), 291.
Lationisocyclorum (mss. de VITR.), 289.
Lationisosciclorum (mss. de VITR.), 287.
 Leçons des manuscrits (*Χειροῦ*), 90, 97, 99, 102, 113 = 92.
 — éditées, 98, 111, 115, 116, 117, 118, 119 = 92, 95.
 — inédites (avant ce jour), 98 = 92.
 LÉON (*Tact. de l'empereur*), 12 = 11.
Λεπίδες, lames métalliques, rubans de bronze (ou d'acier), 270 = 136, 198. PHIL. (Voy. *Ruban*.)
Λιμενοποιία, Art de construire les ports (titre d'un ouvrage perdu de PHILON DE BYZ.), 269.
 Leviers balistiques, 76, 77, 78, 141, 262,

384, 390, 397, 404 = 186, 192, 403.
 (Voy. *Battant, Bras, Ἀγκών* et fig. 4.)
 Levier à collet, 191.
 Lèvres, 154, 233. (Voy. *Bucculæ, Rebords, Πτερόγρια*.)
 Liaisons du texte de la *Χειροδαλλίστρα*, 304^g, 308 = 38.
 Lierre (Feuille de). (Voy. *Κισσόφυλλον*.)
Λιθοβολικά, matériel de pierriers, 237. (Voy. *Πετροδόλος*.)
Λιθοδόλος, machine à lancer des pierres, pierrier, lithobole, 23, 149, 190, 243, 453. (Voy. *Πετροδόλος, Ἐνάτουρος, Μονόγκων, Pierrier-fronde, Onagre*.)
Λογιστής, calculateur, ingénieur, inventeur, 125.
 PARALIP.
 Lombard (Tables de tir de), 237.
 Longeron, 189, 214, 306, 306^b, 306^g, 306ⁱ, 306^j, 306^m, 334, 335, 336, 337, 339, 342, 345, 346, 348, 356, 363, 364, 367, 383, 389, 394 = 277, 397. (Voy. fig. 25 et 26.)
 Losange, 306^j, 377, 389.
 Lucarne, 181, 182, 183, 195, 196, 199, 202, 252, 253, 254, 279, 306^f, 312 = 200, 229, 277, 279. (Voy. *Calibre, Τρήμα, Trou du barillet, Module, Foramen* et fig. 8, 10 et 11.)
 Lucarnes ovales, dans les machines romaines, 229. (Voy. *Oblong*.)
 Lunaire (Forme), *lanatum (lignum)*, 303, 303^m, 370. (Voy. *Σεληνοειδής, Forme arquée, Croissant, Crosse*.)

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

M

MACCHABÉES (LES), 23, 126.
Machina, machine, multiplicateur de force, 313, 316. VITR.
 Machines (Modèles de), par M. de Reffye, 3, 4, 369, 371, 421 = 5, 242.
 Mâchoires d'entaille, 373.
 Maillet en bois, 279.
 Main de l'archer, 349, 366, 373. (Voy. *Archer*.)

Main ou griffe, 164. (Voy. *Griffe, Χείρ, Δίχτη* et fig. 2.)
 Main-qui-lance, 361 = 120. (Voy. *Χειροδαλλίστρα*.)
 Mains symboliques de la *Chirob.* 30, 134, 135, 136, 137, 306^g, 358, 361, 362, 363, 364, 394, 397, 403 = 120, 424, 425. (Voy. fig. 25, 26, 40 et 41.)
 MAIZEROT, 7 = 217.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Magasin de flèches, 188. (Voy. *Caisson, Carquois, Καρχήσιον*.)

Μακροβολεῖν, lancer à grande portée, 21. PHIL.
Mâle (Pièce) d'un emboîtement, 125, 303, 303^d
= 154.

Manche d'outil, 307^a, 307^c, 384, 387, 388
= 194, 277, 359, 435.

Manette, 304, 304^b, 304^h, 304ⁱ, 373, 374,
376 = 39, 359, 435. (Voy. fig. 26 et 27.)

Manilius, 18.

Manivelle, 284 = 315.

Manœuvre de la Chirobaliste, 423.

— du gastraphète, 165. (Voy. *Γαστραφῆτης*, *Ventre*.)

— des machines de jet, 239, 304^h =
165, 215.

Manubalista, main-qui-lance, main-baliste, 13,
14, 15, 16, 17, 29, 30, 31, 52, 54, 55,
56, 59, 60, 62, 122, 139, 235, 281, 285,
295, 301, 310, 396 = 13, 15, 18, 67, 68,
149, 424. Vks. (Voy. *Χειροβαλλίστρα*.)

Manubalistarius, 13 = 13, 42, 67, 282. Vks.

Manuballistra, 43, 46, 73. (Voy. *Manubalista*,
Χειροβαλλίστρα.)

Manubrium, manette, poignée, 304.

Manus, main, griffe, 304.

MANUSCRITS DE LA *Χειροβαλλίστρας Κατασκευή
και Συμμετρία*, d'HÉRON D'ALEXANDRIE. (Voy.
Χειροβαλλίστρα.)

Manuscrits (Ensemble des), 6, 8, 9, 86, 89,
90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 111, 106,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 303^a, 303^h,
303ⁱ, 304^a, 304^f, 304ⁱ, 304^h, 304ⁿ, 305^c,
305^f, 306^d, 306^e, 306^h, 306ⁱ, 306ⁿ, 307^a,
307^c, 316, 321, 330, 331, 334, 347, 349,
352, 356, 358, 360, 373, 378, 380, 384,
385 = 82, 90, 156, 182, 240, 407, 416,
440, 445.

Manuscrits de la *recension byzantine*, 5, 9, 91,
113, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a,
307^d = 89, 387, 416, 446.

Manuscrits de la *série dite de Mynas*, 5, 9, 91,
302, 303, 304, 305, 306, 307 = 416,
446.

Manuscrits *principaux*, 91, 99, 100, 102,
108, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 357.

Manuscrits *secondaires*, 5, 6, 88, 91, 99,
100, 101, 102, 107, 113, 302, 303, 304,
305, 306, 307 = 89, 96.

Manuscrit de MYNAS (Paris, *Supp. gr.* 607 = M),
5, 9, 93, 95, 99, 100, 107, 123, 302,
303, 303ⁱ, 303^h, 303ⁿ, 304, 305, 305^b,
306, 306ⁱ, 307, 307^a = 89, 106, 150,
201, 272. (Voy. fig. 6, 7, 8, 19, 21, 23
et 25.)

Manuscrit de MÉDICIS (Paris, 2442 = P), 100,
107, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a
= 96, 446. (Voy. fig. 19, 21 et 27.)

Manuscrits de PARIS, 5, 44, 70, 91, 95, 104,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 330 = 89,
90, 446. (Voir ci-après P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆,
P₇, P₈, P₉.)

Manuscrits du VATICAN (V = 1164, V₁ = 219,
V₂ = 220), 5, 9, 91, 95, 100, 104, 113,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a =
89, 90, 96, 272, 246.

Manuscrits de VIENNE (F = 120, F₁ = 140), 5,
9, 40, 58, 70, 85, 91, 93, 95, 107, 302,
303ⁿ = 43, 89, 90.

(F = 120 [*olim* 113]), 9, 48, 91, 95,
302, 303, 303ⁿ, 304, 305, 306, 307 =
65, 72, 89, 113.

(F₁ = 140 [*olim* 110]), 9, 40, 48, 70,
91, 93, 95, 107, 123, 302, 303, 303ⁿ,
304, 305, 306, 306ⁱ, 307 = 43, 65, 72,
81, 88, 96, 108.

Manuscrits de PARIS (P₁ = 2435), 44, 91, 95,
101, 105, 302, 303, 304, 305, 306, 307
= 88.

(P₂ = 2436), 91, 101, 302, 303, 304,
305, 306, 307 = 88. (Voy. fig. 28.)

(P₃ = 2437), 91, 302, 303, 304, 305,
306, 306ⁿ, 307 = 88.

(P₄ = 2438), 91, 93, 95, 101, 302, 303,
304, 304^h, 305, 306, 307, 330 = 88, 384,
438.

(P₅ = 2439), 91, 95, 101, 113, 302,
303, 304, 305, 306, 307, 330 = 88.

(P₆ = 2445), 91, 95, 99, 101, 302, 303,
304, 305, 306, 307 = 88.

(P₇ = 2521), 91, 95, 101, 302, 303,
304, 305, 306, 307 = 88.

- (P₆ = 26 *Suppl. gr.*), 91, 95, 101, 302, 303, 304^h, 305, 306, 307 = 88, 438.
- (P₆ = 244 *Suppl. gr.*), 91, 95, 302, 303, 304, 304^h, 305, 306, 307, 330 = 88, 438.
- Manuscrits de Vitruve (*De Architectura*), 286, 289, 291 = 238, 243, 327. (Voy. VITRUVÉ.)
- Manuscrits de Vitruve : Franeker, 289 = 326.
- Paris (10227), 287 = 223, 230, 232, 320, 401.
- Paris (7227), 287 = 223, 230, 232, 321, 401.
- Paris (7228), 288 = 322.
- Paris (7382), 288, 291 = 323.
- Divers, cités par SCHN., 324.
- Marcellus (PLUTARQ.), 21, 243.
- MARIOTTE, 306.
- Marteau de menuisier, 157.
- MARTIN (Th. Henri) de Rennes (*Mém. prés. à l'Acad. des inscr.* Paris, 1854, t. IV), 64, 66, 70, 71, 72, 305^a = 35, 70, 71, 72, 110, 138, 139.
- Masculus, pièce mâle d'un emboîtement, 303. (Voy. Ἀρρήν.)
- MASSIAT (*Mém. sur les 1^{re} et 7^{re} campagnes de Gaule*), 82.
- Mastication (Mouvement de), 293.
- Matériaux (Résistance des), 309. (Voy. MORIN.)
- MATHEMATICI VETERES (Paris, THÉVENOT, 1693, in-folio), 44, 47, 50, 65, 114, 119, 128 = 1, 21, 47, 48, 50, 51, 54, 55, 56, 60, 75, 81, 82, 106, 114, 117, 118, 122, 136, 137, 138, 139, 140, 147, 149, 151, 152, 154, 157, 158, 161, 166, 171, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 188, 189, 190, 196, 197, 199, 201, 206, 207, 215, 216, 221, 222, 243, 263, 266, 268, 269, 272, 277, 280, 281, 290, 293, 294, 295, 301, 304, 308, 309, 336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426, 438, 444, 461, 484. (Voy. THÉVENOT.)
- MAURITIUS (*Tact.*), 126.
- Μάχαιρα, épée, 136. POLYB.
- Mécanique des anciens, 7, 260, 309.
- Médecins (Ms. de). (Voy. *Manuscrits de la Ξειπο-ελληνιστῶν*.)
- Μηχανή, machine, engin, 125. (Voy. *Machina*.)
- Μηχάνημα, engin de guerre, machine, 243.
- ATHÈN.
- Μηχανικός, ingénieur, 51. (Voy. *Architectus*.)
- Μείον pour μείζον, 206. KÖCH.-RÜST.
- MEISTER (*De catap. polybola comment.* Gæstingæ, 1768, petit in-4°), 7, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 120, 305^a = 49, 51, 53, 56, 57, 59, 62, 71, 165, 249, 271.
- Menechme, 220.
- Mensa, table, plancher, 166, 206, 207. VITRUVÉ.
- Menuisier (Marteau de), 157.
- MÉRIMÉE (P.), 227 = 242, 247.
- Μεσοστέλης, montant ou pied-droit central (intermédiaire) dans le bâti névrotone. HÉR. PHIL. (Voy. *Intermédiaire*.)
- Méthode antique du module, 309.
- Μέτρον (Ἐξέστις), il a pris ses mesures pour, etc. 127. VULG.
- MICHAUD (*Biogr. univ.*), 12, 325.
- MILLER (*Journal des Savants*, avril 1868), 87, 303^m, 306^m = 188, 266.
- Mine, poids grec = 100 drachmes = 4^h, 363.
- Modiolus, tenon, 307 = 203. VITR. (Voy. Τόπος.)
- MODULE, 126, 128, 130, 132, 140, 195, 199, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 221, 222, 223, 224, 240, 241, 246, 247, 295, 303^a, 305^c, 305^d, 305^e, 306^h, 306ⁱ, 306^k, 311, 312, 313, 314, 315, 322, 323, 325, 326, 327, 328, 331, 332, 339, 341, 353, 356, 365, 366, 367, 369, 370, 376, 377, 383, 385, 387, 389, 390, 393, 394, 395, 397, 398, 402, 420 = 206, 216, 219, 223, 228, 263, 293, 359, 411, 432, 463. (Voy. *Lacarne*, Trou, Τρήμα, Foramen, Calibre.)
- Moignon, 297. (Voy. Πτέρυγα, Talon.)
- Moïse, 171, 185, 186, 194, 213. (Voy. fig. 5.)
- Μονόκωνον, engin à battant unique (à battement vertical), pierrier-fronde, 295 = 149, 186, 243, 249. PHIL. (Voy. *Pierrier-fronde*, Ἐνδοτονος, Onagre, Catapulte romaine.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

MONITEUR UNIVERSEL (*Variétés*, 9 nov. 1867, par M. P. Mérimée), 227 = 148, 249.
Montage, 197, 198, 252, 253, 255 = 279.
Montanum, de montagne (artillerie), 49. (Voy. *Ὀρεινοβάτης*.)
Montant, pièce verticale du bâti névrotone, 169, 176, 305, 305^a, 313, 314, 316, 317, 321, 322, 324, 325, 326, 327, 328, 341, 370, 390, 391 = 74, 190, 193, 223, 277, 279, 378, 456. (Voy. *Pied-droit* et fig. 6, 23 et 24.)
Montée d'une voûte surbaissée, 320, 350. (Voy. *Anse de panier*.)
MONTESQUIEU (*Grandeur et décadence des Romains*), 136.
Monture, corps longitudinal d'une machine de jet, 160, 161, 162, 164, 166, 188, 224, 235, 262, 281, 314, 331, 334, 336, 339, 344, 346, 347, 365, 366, 370 = 152, 159, 166, 188, 189, 243, 359, 407, 424, 437. (Voy. *Κλιμακίς*, *Σύριγξ*.)

MORANDIÈRE, inspecteur général des ponts et chaussées, 369.
MORIN, *Leçons de mécanique pratique*, Paris, 1853, in-8°.
Mortaise, 303, 306, 336 = 152, 200, 206. (Voy. *Τρήμα*, *Incisio*.)
Mot maintenu avec raison, 114, 116.
Motif d'ornementation, 362. (Voy. *Décor artistique*.)
Moufles, 53, 174, 309 = 175.
Moulage du bronze, 271, 386.
Mouton, 304^a, 304^b. (Voy. *Déclat*, *Sonnette*.)
Moyen âge (Artillerie du), 59.
Mulets (Attelage des) à la charrue, 306^a. (Voy. *Ἐπιούρα*.)
Musée d'artillerie (Paris), 4, 78 = 148.
— de l'Ermitage (Saint-Petersbourg), 247.
— de Saint-Germain-en-Laye, 4 = 148.
Mynas (Ms. dit de *Minoïde*). (Voy. *Mss. de la Χειροβαλλίστρα*.)

N

Nabuchodonosor, 49.
NAPOLÉON III, 80, 87.
Navale (organum), machine de jet navale, 49.
Νεανικῶς, vivement, à petits coups rapides, 304. PHIL. (Voy. *Battage*, *Écrouissage*, *Κρότησις*.)
Nerfs, tendons pour faisceaux névrotones, 82, 141, 198, 269, 279 = 217, 316. (Voy. *Faisceau*, *Τόνος*, *Fibre*.)
Nervinus (funis), câbles de fibres tordues, 17. VÉG.
Nervus, faisceau tordu, 15, 82, 277, 290, 316. VITR. (Voy. *Nerf*, *tendon*, *faisceau*, *fibre*, *Τόνος*.)
NESSEL (*Breviar. ac Suppl. Comment. Lambecii*, Vienne, 1690, in-folio), 43, 45 = 46, 52.
Νευρά, corde archère, 159 = 33, 167, 209. HÉR. PHIL.
Νεύρον, nerf, tendon (à fibre élastique), 8. HÉR.

Νευρότονον (et non *νευρότονον*, ou *νευρότονον*), 106, 185.
Névrotone (Système dit), à torsion de nerfs, névrotone, 15, 50, 80, 82, 84, 122, 132, 142, 154, 173, 185, 198, 200, 237, 241, 248, 249, 252, 263, 264, 285, 295, 299, 301, 305^a, 305^b, 305^c, 306^a, 306^b, 310, 311, 312, 332, 344, 370, 397, 416 = 82, 127, 149, 182, 212, 229, 236, 279, 292, 307, 308, 310, 316, 330, 437, 456.
NEWTON (William), traducteur de VITRUBE, 152, 161, 203, 204.
Nicomède, géomètre grec, 220.
Noix de la détente d'un engin, 162.
Nomenclature antique, 239 = 74, 154, 243.
NONIUS, 23.
Noria, chaîne à godets, 309.
Notations graphiques (*Chirob.*), 91, 95, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 309, 380 = 240, 416. (Voy. *Renvois aux figures*.)

O, Ω

Obliques (Directrices), 370.
 Obliquité des ailes palintones (Baliste, Chirob.), 307^b, 337 = 240.
 Oblong (Collier), 316. (Voy. Κρίκος.)
 Oblong ou ovale (Barillet), 229.
 Observation (Poste d'), 188. (Voy. Affût, Carquois, Καρχήσιον, Hune.)
 Œil, trou rond, 304, 304ⁱ, 373, 377. PHIL. (Voy. Ὀπή.)
 Oiseau, 190 = 188. (Voy. Πτέρυξ.)
 Ὁμοτονούντως, à l'unisson, 277, 279. (Voy. Sonitus.)
 Onagre, pierrier-fronde, 15, 16, 29, 30 = 15, 17, 19, 149. (Voy. Μονόκλων, Ἐνάτονος, Catapulte romaine.)
 Onciales (Confusion de lettres), 88, 201, 416. (Voy. Quantités numériques.)
 Onglet (Assemblage à), 346.
 Ὀξύβελης, oxybèle, engin à projectile aigu, 220, 262, 397 = 149, 190, 206, 243, 266, 274, 279, 282, 286, 299. PHIL. (Voy. Catapulte, Gastraphète, Chirobaliste, Baliste.)
 Ὀπή, œil, trou rond, 304, 304ⁱ, 306. HÉRON.
 Organe balistique, 122, 301, 344 = 212, 236. — oscillatoire, 294.
 Ὀργανον, organum, outil, engin, 190, 237, 282. HÉR. PHIL. VITR. (Voy. Μηχανή.)
 Ὀρθογώνιον, rectangle, 201. PHIL.
 Orient, pays d'origine des machines de jet, 143.
 Orientation des pièces d'une machine, 187, 191, 320, 331, 332, 340, 341, 344, 358, 362, 389, 390 = 166, 182, 207, 210, 219.

240, 241, 424, 454. (Voy. Versura, Deformatio.)
 Origines des machines de jet, 159. (Voy. fig. 4.)
 — des ressorts métalliques, 268, 281.
 Ὀρινοβάτης, à plan incliné, à monture oblique, ou peut-être engin (gastraphète) de montagne, 53. BITON.
 Ornement moulé, 330, 386.
 Ornementation des engins, 403. (Voy. Décor artistique.)
 Ὡς, uti, ut, comme, égal à, 128, 129 = 238. HÉR. VITR.
 Os, bouche, 293.
 Oscillari, osciller, vibrer, 293. VITR.
 Oscillation, 283.
 Oscillum, pièce vibrante, ressort métallique, 31, 122, 281, 290, 292, 293, 294 = 326, 328. VITR. (Voy. Pendulum.)
 Oscitare, bâiller, 293.
 Osier, 464.
 Ovale (Tracé de l'), anse de panier, 364, 365. — des Καμίστρια (Chirob.), 133, 284, 293, 294, 305, 305^a, 305^d, 305^e, 305ⁱ, 306^f, 316, 317, 318, 319, 320, 324, 326, 327, 328, 331, 332, 339, 340, 363, 391, 394, 405 = 359, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 458, 463. (Voy. Κρίκος, Ἀνισόκυκλος et fig. 29, 30, 35 et 55.)
 Ovale (Lucarne), dans l'artillerie romaine, 229.
 OVIDE (Μεταμορφώσεις), 347.
 Ὀφρός, rebord mince, 273. PHILON.
 Ozias, 144 = 125.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

P, Π

Π (Pièce en forme de), 304^f, 304ⁿ, 321, 378, 379, 380. (Voy. Περδριον.)
 PALÉOLOGUES (Recension des manuscrits de la Poliorcétique au x^e siècle, sous les auspices des), 5 = 89. (Voy. Manuscrits de la Χειροβ. Recension byzantine.)

Παλίντονα τόξα, arc à double courbure, arc palintone, 229, 305^e = 242, 245. HÉRODOTE, HOMÈRE. (Voy. Arc arabe, scythe.)
 Παλίντονον (ὄργανον), engin palintone, à battants extérieurs ou convergents, baliste, 4, 78, 79, 122, 123, 158, 175, 188, 193, 194.

1. A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

195, 198, 199, 201, 203, 225, 227, 228, 229, 233, 234, 235, 236, 239, 240, 244, 245, 246, 247, 248, 281, 295, 298, 300, 305^a, 331, 339, 342, 344, 370, 419, 420 = 31, 70, 148, 149, 165, 166, 182, 186, 190, 206, 207, 214, 216, 219, 231, 240, 241, 242, 244, 245, 247, 249, 263, 268, 282, 299, 330, 411, 424, 458, 464. HÉR. PHIL. (Voy. *Baliste*, *Scorpion* et fig. 9 et 54.)
Palintone (Battement), 158, 188, 193, 227, 236, 240, 281, 295, 298, 301, 306^a, 311, 319, 320, 327, 331, 371, 389, 390, 392, 397 = 148. (Voy. fig. 9 et 13.)
Pappus d'Alexandrie, 113, 220.
Parabole (Tracé de la), 33 = 34.
Parabolique (Tir), 236.
PARALIPOMÈNES, 125.
Parallèles, nom donné par Perrault aux tables ou écussons des engins névrotone, 200.
Παραστάτης, montant, pied-droit (du bâti névrotone), 176 = 191, 216. HÉR. PHIL. — *Parastada*, 191, 206. VITR. — *Parastade*, 191. DUF. — *Parastate*, 74, 401. (Voy. *Ἀντιστάτης*, *Μεσοστάτης*, *Pied-droit latéral*.)
Paris (Mss. de). (Voy. *Mss. de la Χειροβαλλίστρα*.)
Pâris d'Herculanum, 247.
Patte de scorpion, 424.
Πάχος, épaisseur ou diamètre, 306, 306ⁱ, 317, 337, 345, 359 = 417.
Πελεκανοειδής, en fer de hache, en queue d'aronde, 303^c.
Πελεκίως, comme πελεκανοειδής, 125, 303, 303^c.
Πελεκινωτός, comme πελεκανοειδής, 303, 303^c.
Pendulum (*oscillum*), 328. TERTULL.
Πεντασπίθαμος (ὀξύελης), engin à flèche de 5 empan, 266. PHIL.
Percée (Pièce), 200. (Voy. *Περίτρητος*, *Découpage*.)
Περιοχέυς, moyen de rotation, 296. PHIL.
Περιστομίς, outil à bec, 296. PHIL.
Περίτρητος, pièce découpée en courbe, écusson, HÉR. PHIL.; *Peritretus*, *scutula*, *tabula*, VITR.; *Périèvre*, DUF. 130, 180, 314 = 74, 200, 215, 223, 401. (Voy. *Scutula*.)

Περόνη, broche, goupille, 304. HÉR. (*Chirob.*) (Voy. *Fibula*.)
PERRAULT (Cl.), *Architecture de Vitruve*, Paris, 1673, in-folio, 7, 55 = 178, 200, 315.
Πετροδόλος, pierrier, 149, 243, 266. PHIL. (Voy. *Λιθοδόλος*, *Ἐνάτονος*, *Μονόγων*, *Pierrier-fronde*, *Onagre*, *Catapulte romaine*.)
Peuplier, 464.
Pièce, 303^b = 155. (Voy. *Κανών*.)
Pied, mesure de 16 doigts (= 0^m.308), 303^a.
— des *Καμδέστρια*, 354. (Voy. fig. 37.)
— des machines de jet, 174, 262 = 188, 243. (Voy. *Affût*, *Καρχήσιον*.)
Pied-droit, montant du bâti névrotone, 176, 177, 178, 181, 182, 185, 191, 193, 195, 196, 197, 206, 221, 253, 306^b = 193, 195, 206, 214, 216, 279. (Voy. *Montant* et fig. 6.)
Pied-droit central (unique), 279. (Voy. *Μεσοστάτης*.)
Pieds-droits jointifs, 206.
Pierre, 199, 227, 295 = 49, 249.
Pierrier, 16, 144, 151, 158, 203, 219, 295 = 149, 243, 266, 282, 453. (Voy. *Λιθοδόλος*, *Πετροδόλος*, *Ἐνάτονος*, *Μονόγων*, *Onagre*, *Catapulte romaine*.)
Pierrier-fronde, à battement vertical, 295 = 149, 243. (Voy. *Ἐνάτονος*, *Μονόγων*, *Catapulte*, *Onagre*.)
PINDARE, 1, 83, 135, 140, 229 = 83, 119, 120, 144, 244.
Piston, 309.
Piton, 305^a.
Πιτάριον, pièce en forme de Π, ancre double, amarre de la batterie, bride, 94, 95, 304, 304^f, 304^a, 305^f, 305ⁱ, 321, 378, 379, 380, 381 = 445. HÉRON (*Chirob.*) (Voy. *Amarre*, *Ancre* et fig. 21, 22, 23 et 24.)
Pittarium, 304, 304^f, 304^a. (Voy. *Πιτάριον*.)
Pivot, 77, 234, 273, 280, 304^b, 304^a, 305^a, 305^f, 305^b, 307^a, 307^d, 321, 327, 331, 333, 370, 376, 377, 381, 382, 385, 387, 389, 390, 391, 392, 404, 405 = 219, 279, 292, 296, 330, 359, 438, 440, 441, 445, 456. (Voy. fig. 26, 27 et 28.)
Pivoter (librement), 304, 375.

Phalanges des doigts, 363, 364, 394.

Phéniciens, inventeurs de la Baliste, 143.

PHILON DE BYZANCE, ingénieur grec (Βελοποι-
κῶν λόγος Δ, Λιμενοποικῶν λόγος Ε; MATH.
VET. p. 49-104, et KÖCH. RÜST. p. 240 à
316), 7, 47, 50, 61, 78, 82, 83, 84, 122,
123, 141, 142, 152, 153, 154, 155, 200,
201, 225, 226, 239, 244, 249, 250, 251,
252 à 260, 261, 262, 263, 267, 274,
280, 303^a, 304^a, 307^a, 307^b, 308, 309,
310, 312, 314, 342, 365, 397=5, 21,
56, 68, 71, 75, 82, 126, 136, 139, 149,
154, 166, 186, 188, 190, 201, 206, 216,
220, 223, 228, 229, 232, 243, 249, 255,
263, 266, 268, 269, 270, 272, 274, 277,
279, 280, 282, 284, 285, 286, 287, 288,
289, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 298,
299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306,
307, 308, 309, 310, 330, 349, 411, 461,
480, 488.

Places (Défense des), 422=268.

Plan (ou axe) du tir, 245, 246, 247=216,
231.

Plancher, 186, 212=207.

Planchette découpée, 306°=152, 201, 403,
407.

———— (Dessin sur), 346.

Planisphère ou Zodiaque de Denderah, 297.
(Voy. fig. 16.)

Planisphère des travaux de Thésée, 297. (Voy.
fig. 16.)

Plat (Pièce posée à), 229.

Plateau, 160.

Platon, 403=220.

Πλάτος, largeur ou diamètre d'un plein, 303,
305, 305^c, 329, 330, 357, 368=417.
HÉR. PHIL. (Voy. Εἶρος.)

PLAUTE, 126.

Πλαίον, 305, 305^c, 314.

PLINE, 143=124.

Πλινθίον, bâti, cage (de l'appareil névrotone),
130, 169=130, 178, 283. HÉR. PHIL.
— Capitulum, VITR.; chapiteau (?), PERR.
— Arcade, portique (pour engin portatif),
V. PROU. (Voy. Arcade, Portique, Cage,
Châssis, Cadre.)

Plongeant (Tir), 236. (Voy. Parabolique, In-
cliné, Retombant.)

Ployage forcé, 317.

PLUTARQUE, 19=21, 131, 145, 424.

Πνευματικά, Pneumatique, 130, 309.

Poids du projectile, 199, 218, 219, 259, 399,
420=218, 268, 463.

— de l'engin, utilisé pour le bandage, 303^m,
405=468.

— des faisceaux, 268.

— de poudre ou charge, 236.

Poignée, 194, 435.

Pointage, 174.

Pointe de flèche, 369, 393, 394=15.

Poire (En forme de), 307^a=297, 446. (Voy.
Κωνοειδής.)

POLIORCÉTIQUE DES ANCIENS, par Dureau de la
Malle, 230.

POLIORCÉTIQUE DES GRECS, par M. C. Wescher
(Paris, 1867, in-4°, Impr. impér.), 3, 85,
86, 87, 88, 103, 117, 128, 227, 251,
302, 303ⁱ, 303^k=2, 5, 23, 24, 33, 51,
60, 88, 96, 102, 103, 111, 112, 113,
115, 137, 140, 149, 150, 156, 166, 181,
189, 198, 199, 201, 243, 272, 277, 336,
377, 387, 388, 397, 406, 438, 446, 453,
484.

Πολυβόλος (Ὀξύβελής), engin polybole ou revol-
ver, 47=255, 271.

POLYBE, Hist. 18, 19=20, 126, 136, 305.

Pompeau, 307^a, 307^b, 385, 390, 391, 405
=197. (Voy. Κωνοειδής, Poire, Bourrelet et
fig. 27 et 28.)

Pompe, 309.

Popilius Lænas, 135.

Portée des engins, 238, 252, 257, 259, 263,
264, 322, 416, 418, 419, 420, 421=
279.

— (Amplification de la), 252, 264, 279.

Portée de la Chirobaliste, 415, 416, 422.

Porticus, portique, 306, 341, 349, 351, 352,
353, 356, 360, 361, 365, 370=178,
279, 359, 395. (Voy. Βάσι, Cage, Πλινθίον
et fig. 25, 26 et 39.)

Ports (Construction des), 266.

— (Défense des), 269.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Poste d'observation, 188. (Voy. *Affût, Hune, Καρχήσιον*.)
Pressoir, 315.
Poulie, 174, 309 = 212.
Poutrelles armées, 332.
Précision (Outil ou engin de), 313. (Voy. *Όργανον*.)
Præter cardines, sans compter les tenons, 227.
VITR. (Voy. *Χωρίς τέρμων*.)
Principaux manuscrits de la Chirobaliste. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste*.)
Profil (De), 305, 321, 329. (Voy. *Κρόταφον* [κατά].)
Profilée (Pièce) à rainure ou languette, 303, 303^a.
Projectile, 158, 168, 187, 227, 264. (Voy. *Βέλος*.)
— rond, 199 = 465, 486.
— aigu, 199, 220 = 61, 486.

Prolixa brachiola (balistæ), 21. VÉG. (Voy. *Βραχύτονος*.)
Proportions des machines de jet, 201 à 224, 252, 332, 342, 353 = 412.
Πτέρνα, talon du battant, 194, 199, 283. HÉR. PHIL. (Voy. *Talon*.)
Πτερόγιον, ailette, rebord, bord d'une glissière, 216 = 154. HÉR. (Voy. *Buccula*.)
Πτέρυξ, aile, ensemble d'une machine de jet, 190 = 188. HÉR. (Voy. *Affût, Καρχήσιον*.)
PTOLÉMÉES (Progrès de l'artillerie sous les), 141, 152, 153, 305^a.
Ptolémée I^{er}, 139.
Ptolémée Philadelphie, 139.
Ptolémée VI, 135.
Ptolémée VII (Évergète II), 139.
Πυροβόλον, arme à feu, canon, 23.
Puissance supérieure du *Χαλχότονον*, 279.

Q

Quadrangulos (in cardines), 303.
Quadratum seu dolatum, 303^a.
Quantités numériques, 91, 95, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 345 = 188, 272.
Queue, 339, 344, 373, 375, 376, 377, 378.

383, 384, 388, 394, 398, 401 = 152, 162, 359, 438, 462, 464. (Voy. fig. 42.)
Queue d'aronde, 125, 160, 161, 303, 303^a, 305^a, 368. (Voy. *Πελεκίνος, Securiclatus*.)

R, P

Rainure, 160, 161, 164, 303^a, 303^b, 305^a, 307^a = 153.
Rainure (Profilé à), 125, 203. (Voy. *Languette*.)
Rampant de fronton antique, 327.
Rasant (Tir), 236 = 249.
Rebord, 216, 252, 305^a. (Voy. *Buccula, Πτερόγιον*.)
Recension byzantine (Manuscrits de la), 9 = 89. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste*.)
Rectangle antique (2 de base pour 1 de hauteur), 345, 350, 365, 368, 370, 385, 389, 394.
Récul, 233, 300 = 245.
Reculons (A), 70.

REFFYE (M. VERCHÈRE DE), 3, 78, 87, 227 = 148, 183, 184, 205, 241, 242.
Refoulement, 168, 175.
Refouloir, 164, 165, 303^m = 152, 163. (Voy. *Crosse, Καταγωγίς*.)
Refus (Jusqu'au), 304, 304¹, 375.
Regula, pièce de machine, 303^b, 304 = 206. VITR. (Voy. *Κανών*.)
REIMER (*Hist. problem. cubi duplic. Goettingæ*, 1798, in-8°), 220.
Relâchement des faisceaux, 257.
Remblai de fortification, 266.
Renflement des pieds-droits, 177, 307^b, 307^d = 197. (Voy. fig. 6.)

Repos (Engin au), 216, 231, 242.

Résistance des matériaux, 309.

——— passive, 406.

Ressorts métalliques, 31, 34, 50, 51, 52, 75, 82, 122, 124, 141, 142, 249, 261, 268, 270, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 285, 292, 295, 305, 305^a, 305^b, 305^d, 305ⁱ, 306^b, 309, 310, 324, 339, 351, 404, 405 = 38, 39, 81, 265, 282, 292, 293, 299, 308, 330, 425, 462, 473. (Voy. Καρτέστρια.)

Ressorts d'acier, 76, 122, 123, 133, 153, 154, 384 = 293, 359, 451, 455.

——— de bronze, 84, 122, 123, 153, 249, 261, 270, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 309 = 136, 271, 305. (Voy. Χαλχότονον et fig. 15.)

Ressort à boudin, 284.

——— grinçant, 293. (Voy. Τριζειν, Stridere.)

Restitutions (de texte), 112, 116.

Retombant (Tir), 236 = 249. (Voy. Παραβολική.)

Retombée d'une voûte, 356, 361.

Retractus, recul, mouvement à reculons, ruade, 28, 235, 300 = 31, 70. TERTULL. (Voy. Παντονον.)

Revolver (Catapulte), 47 = 255, 271. (Voy. Πολυβόλος.)

Rochet (Roue à), 205, 206. (Voy. Doigt, Corbeau, Κάραξ.)

Romains (Relations des) avec l'Égypte, 153.

Ρομβοειδής, en forme de parallélogramme, 201. HÉR. PHIL. (Voy. Ὀρθογώνιον.)

Rondelle, 305^a, 305^f = 463.

Ροπή, force vive, impulsion, 289. PHIL.

Rotatoire (Mouvement), 283. (Voy. Versatio.)

Roue dentée, 315.

——— hydraulique, 309.

Ruade (Par), 31, 300 = 70. (Voy. Recul, Retractus.)

Rubans métalliques, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 305, 305^a, 305^b, 305^d, 305^e, 305^f, 305ⁱ, 305^j, 317, 320, 328, 329, 370 = 136, 310. (Voy. Δεξιόσ.)

Ruban en spirale, 284 = 315.

Rudiment (fil névrotone), 82 = 292, 456.

S, Σ

Σ lunaire, 305^e.

ω (Arc en forme de), 247.

Sabot, 306, 306ⁱ, 306^j, 334, 337, 338, 339, 340, 343, 344, 348, 354, 358, 362, 363, 370, 389, 394 = 197, 397, 425. (Voy. fig. 30, 31, 41, 42 et 43.)

Sagitta, flèche, baguette de trait, 13 = 13, 15, 243, 334.

Sagittarius, archer, 13, 15, 18. (Voy. Archer.)

Saillie, 366, 385, 386.

SAUMAISE (De re milit. Roman. Leyde, 1657, in-4°), 7, 39 = 40, 200.

Scala, échelle, 306.

Sidorum (voy. Manuscrits de VITRUBE), 291.

Scie, 122.

Scipion Émilien, 20.

Σκαυδόνες (voy. Σκενδύλια), 157.

Σκενδύλια, tenailles, 157. HÉR.

Σκληρότης, rigidité, 151.

Σκολόπες (voy. Σκενδύλια), 157.

SCHNEIDER (De Architect. VITRUBE, Leipzig, 1807, in-8°), 7, 286, 287, 289, 290, 303^b, 303^e, 303^h, 305^a, 307^a = 21, 27, 28, 105, 139, 141, 149, 154, 156, 190, 200, 202, 203, 206, 207, 216, 221, 223, 227, 229, 230, 232, 238, 243, 268, 277, 279, 311, 316, 317, 318, 319, 324, 326, 327, 344, 346, 401, 411.

SCHOLIASTE d'Homère, 245.

SCHWEIGHÆUSER (ATHÉNÉE, Dipnosoph. Strasbourg, 1801-1807, in-8°), 139.

Σκορπίδιον, scorpion, machine de jet (petit calibre), 18, 21, 299 = 20, 23. POLYB. VULG. (Voy. Ὀξύβελης, Χειροβαλλίστρα.)

Scorpio, scorpion, 23, 24, 55, 122, 158, 235.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

282, 285, 305^a = 15, 18, 19, 22, 25, 243, 277. VITR. VÉG. (Voy. *Manubalista*.)
Scorpion, engin palintone à projectile aigu, petite baliste, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 56, 59, 60, 143, 175, 235, 237, 281, 282, 283, 285, 292, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 396, 418 = 18, 20, 25, 30, 70, 149, 316, 331, 424. (Voy. *Chirobaliste*, *Σκορπίος* et fig. 17.)
Scorpion (insecte), 296, 297, 298 = 31, 424. (Voy. *Zodiaque*.)
— roussâtre, 297. (Voy. fig. 16.)
Σκορπίος, scorpion (insecte et engin balistique), 19, 158, 296 = 20, 23, 149, 243, 424.
Scorpius, scorpion (insecte), signe du Zodiaque, 25, 31, 247. MANIL. (Voy. fig. 16.)
Scutula, écusson, table du bâti palintone, 180 = 200. VITR.
Secondaires (Manuscrits) de la *Χειροβαλλίστρα*. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste*.)
Securiculus, en queue d'aronde, 303, 303^c. (Voy. *Queue d'aronde*, *Πολεξίτος*.)
Σελήνοειδές σχῆμα, forme lunaire, croissant, crosse (de gastrophète ou de chirobaliste), 125, 303, 303^m, 370 = 152. HÉRON (*Chirob.*). (Voy. *Lunaire*, *Croissant*, *Crosse*.)
Semelle, 169, 170, 173, 183. (Voy. *Table*, *Écusson*, *Scutula*, *Περίτρητος*.)
SÉNÈQUE (*Quæst. natur. ; De Tranq.*), 27, 283, 292, 305^a = 30, 126, 145, 314.
Septante (Version des), 127.
Serpenteau (Serpentin, VINC.), 304, 304^a, 304ⁱ, 304^t, 304^m, 304ⁿ, 348, 377, 378, 380, 382, 383 = 359, 438, 441, 442. (Voy. *Δρακόντιον* et fig. 21 et 22.)
Serratoria machina, scie à main, 122. AMM. MARC.
Serrure (Pièce de), 304^a = 57.
Servants des machines de jet, 342 = 214.
Σιδερότομον, sidérotone, engin à ressorts de fer (acier), 75, 76, 80, 285. (Voy. *Καμβέστρα*, *Ressorts d'acier*.)
Siège du déclic (sur le tiroir), 372. (Voy. *Κλεισίς*.)
Siège (Engins de), 421 = 266.

Sigles des manuscrits de la *Χειροβ.* 302.
SILBERSCHLAG (*Dissert. sur les princip. mach. de guerre des anciens*, Mém. de l'Acad. de Berlin, 1760, p. 378 à 432), 7 = 159, 183, 201, 205, 207, 225, 249.
SILENOS, artiste grec cité par Tite-Live, 22.
Silhouette, 425. (Voy. *Décor artistique*, *Ornementation*.)
SILIUS ITALICUS, 45.
Si vis pacem..., 120, 157.
SISENNA, 23.
Solidité des constructions antiques, 252.
Sommets principaux (d'un canevas d'épure), 362, 363. (Voy. *Canevas*, *Épure*.)
Sommier, 184, 205, 255. (Voy. *Τριβέας* et fig. 8.)
Son musical (des cordons névrotones), 268, 277. (Voy. *Sonitus*, *Unisson*, *ὁμοτονούντως*.)
Sonitus, son musical, VITR. (*æqualem sonitum respondere*, vibrer à l'unisson, *ὁμοτονούντως*, PHIL.), 268, 277.
Sonnette à déclic, 304^a, 304ⁱ.
Soubassement (du Portique, *Chirob.*), 353.
Sous-talon, 179. (Voy. *Ἰκονίερνις*.)
Spiculum, pointe de flèche, dard, flèche légère, 14, 396 = 15, 21, 31. VÉG. AMM. MARC.
Σπιθαμαῖος, d'un empan, 397.
Σπιθαμος, empan = 12 doigts = 0^m, 231.
Σοφία, science, 144.
Sophocle, 1, 403.
Saint-Germain (Musée de), 4 = 148.
Stade, 483. Longueur = 186^m.
Statistique, 85, 89, 90, 97, 101, 110.
Stéréotomie, 33. (Voy. *Καμπίρις*.)
Στήματα, supports, 304^c. (Voy. *Καταχεῖς*.)
Stoïciens, 145.
STRATICO (VITRUBE, Venise), 152, 161, 201, 203, 204, 207, 315.
STRI (racine), 293, 305^a. (Voy. *Καμβέστρα*.)
Stria, cannelure (d'une colonne), 305^a. VITR.
Στρίψξ, cannelure, 305^a.
Strident, grinçant, 305^a.
Stridere dentibus, grincer des dents, 293, 305^a.
CELS.
Στυλάριον, colonnette, pilastre, 306, 306ⁱ. HÉRON (*Chirob.*).

Substitutions, 95, 113, 119.

Sacula, treuil, 277.

Suidas, 136.

SULPITIUS (VITRUBE, *De Architect.* Venise, 1497, in-folio), 287, 291 = 317.

Support, 207.

—— (de déclic), 161, 162, 304^c. (Voy. fig. 2.)

Suppressions, 95, 113, 114, 117, 119.

Surbaissée (Voûte), 320.

Sursum ac deorsum, sens dessus dessous, 314. SÉN.

Stylus, style, pointe, colonne, 306.

Σχαστήρια, verrou, gâchette, détente, 164, 304, 304^a, 375 = 441. HÉR. PHIL. (Voy. Verrou, Gâchette, Détente.)

Συμβόλιον, outil de commettage, 169 = 180. HÉR. (Voy. Commettage.)

Symbole (de la Chirobaliste), 138.

Σύμμετρος, de dimension proportionnée, 345.

HÉR.

Συμφυής, assemblé à demeure, rivé à, 303, 303^a, 305, 305^a, 305^b, 307, 330, 388. HÉR.

PHIL. (Voy. Ἀρμολόγος.)

Synthèse (de la Chirobaliste), 131, 132, 133, 303ⁱ, 304^k, 305ⁱ, 305^s, 306^c, 306^e, 306ⁱ, 308, 310, 315, 316, 348 = 32, 103.

Syracuse (Siège de), 18, 266, 424.

Syriens, inventeurs de la catapulte, 143.

Σύριγξ, corps, monture, coulisse d'ὄξυδελής, 125, 164, 188, 303, 303^d = 159, 166, 189, 206, 243. HÉR. PHIL. (Voy. Coulisse, Monture.)

Syrinx, coulisse, monture, 303.

Σωλήν, pièce à rainure, bois rainé, 303, 303^c, 303^b, 307, 307^c. HÉR. PHIL.

Σωληνοειδής. (Voy. Σεληνοειδές σχῆμα.)

LA

CHIROBALISTE

D'HÉRON

D'ALEXANDRIE.

T, Θ

Tà Ξ, côtes arquées (de la chirobaliste), 306, 306^a, 345. (Voy. Arcs-boutants.)

Tables (de tir), 237, 241, 243, 408, 409, 411, 416. (Voy. LOMBARD.)

Tables, semelles du bâti euthytone, 180, 186, 195, 197, 221, 299, 306^b, 314, 347 = 207, 215, 293, 424. (Voy. Tabula, Semelle et fig. 10.)

Tabula, table du bâti ὄξυδελής, 200. VITR. (Voy. Semelle.)

Tacite, 126.

Tailloir, 357.

Ταλαντιαῖος (πετροδόλος), pierrier d'un talent = 26^k, 266. PHIL.

Τάλαντον, poids grec = 26^k, 178.

Talon (de battant), 273, 307^a, 307^b = 283, 292, 297, 299. (Voy. Πτέρνα, Coude.)

Taquet de scie, 141.

Tasseau, 170, 172, 179, 189, 303ⁱ, 314, 334, 336, 339, 355, 366, 367 = 279, 359, 395, 407. (Voy. Ἐπιζυγίς, Frein, Fourrure.)

Telum, trait, 295. (Voy. Βέλος, Trait, Flèche, Projectile.)

Temperatura (machinarum), montage, mise à point (des machines), 277. VITR.

Tempora (Per), de profil, 305. (Voy. Κρόταφον [κατά].)

Tenailles, 162. (Voy. Σπενδόλια.)

Tendeur, machine à bander les faisceaux névrontones, 185, 198, 250 = 277, 279. (Voy. Εντόνιον.)

Tendon, 141, 198.

Tenon, 183, 184, 185, 197, 206, 253, 271, 304, 304ⁱ, 336, 352, 370, 375 = 152, 160, 197, 397. (Voy. Τόρμος, modiolus.)

Tenon (Double), 177, 178, 181, 306. (Voy. Διτορμία.)

Tension balistique, 242, 243, 246, 247, 248, 258, 401 = 268, 330.

—— droite, 249.

TENTYRIS (voy. Dendérah), 297.

TERTULLIEN (De Scorpio, de Pallio), 28, 235, 292, 296, 300 = 31, 70, 248, 328.

Τετραμναῖος (πετροδόλος), pierrier de 4 mines, 266. PHIL.

Texte de la Χειροβαλλίστρα, 91.

Θήλυς, pièce femelle, 125, 303, 303^a = 154.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Théocrite, 403.

THÉOPHANE, 12 = 10.

Θεώρημα, *description, paragraphe*, 303^a, 304ⁱ,
304^e = 38. HÉR.

THÉVENOT (*Math. vet.* Paris, 1693, grand in-
folio), 3, 7, 44, 45, 46, 47, 63, 65, 70,
72, 73, 76, 86, 88, 96, 103, 105, 106,
107, 108, 112, 114, 119, 157, 159, 163,
165, 167, 170, 175, 177, 180, 183, 185,
186, 192, 198, 199, 200, 202, 221, 251,
252, 256, 259, 260, 261, 269, 270, 275,
302, 303, 303^a, 303^b, 303^c, 303^d, 303^b,
303ⁱ, 303^j, 303^m, 304, 304^a, 304^b, 304^c,
304^d, 304^e, 304ⁱ, 305, 305^b, 305^e, 306,
306^a, 306^b, 306ⁱ, 307, 307^a, 309, 380
= 2, 47, 48, 51, 56, 71, 75, 76, 81, 88,
93, 95, 96, 103, 106, 114, 117, 118,
122, 136, 138, 139, 140, 147, 149, 151,
152, 154, 156, 157, 158, 161, 164, 166,
171, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 188,
189, 190, 196, 197, 199, 201, 206, 207,
215, 216, 221, 222, 234, 235, 243, 263,
266, 268, 269, 272, 277, 280, 281, 290,
293, 294, 295, 296, 301, 304, 308, 309,
336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426,
438, 449, 461, 484.

Tiers (Réduction d'un) *sur le diamètre des*
cordons névrotone, produite par le bandage,
277.

Tir (Champ de), 166.

— *incliné ou parabolique*, 238, 239 = 163,
165, 249. (Voy. *Parabolique*.)

Tire-bouchon (Cheveux en), 315.

Tiroir, 66, 122, 125, 161, 164, 165, 166,
188, 189, 194, 195, 262, 281, 303, 303^d,
303^e, 303^b, 303ⁱ, 303^k, 303^m, 304^a, 304^f,
304^e, 304^b, 304ⁱ, 304^k, 304^l, 304ⁿ, 306^b,
306^c, 306ⁿ, 355, 356, 363, 367, 368,
369, 370, 372, 373, 374, 375, 376, 377,
378, 379, 380, 382, 383, 387, 389, 393,
394, 400, 401, 402, 423 = 39, 160, 162,
163, 165, 175, 200, 215, 359, 440, 443,
445, 457. (Voy. *Διόσπρα* et fig. 1, 2, 3, 19
et 20.)

TIRE-LIÈRE, 20, 41 = 22, 45, 126.

Titre de la *Χειροβαλλιστρα*, 303, 303^a.

Toit (du portique de la *Chirobaliste*), 306^a,
306^b, 306^c, 306^d, 331, 349, 351,
353, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 361,
364, 376, 394 = 359, 424. (Voy. *Καυδ-
ριον* et fig. 25 et 26.)

Tôle (d'acier), 305ⁱ, 323.

Ton, *faisceau névrotone*, 172, 175. (Voy. *Fais-
ceau*.)

Tonon (pour Ton), 292. DUF.

Τόνον (désinence), 242.

Τόνος, *tension d'un engin, force de ressort, fais-
ceau tordu, ressort*, 172 = 235, 268, 292,
308. HÉR. PHIL. (Voy. *Faisceau*, *Fibres tor-
dues*.)

Toron, *cordes composant un câble*, 169.

Tormentum, *artillerie (névrotone)*, 295 = 17, 31,
333, 334.

Τόρμος, *tenon, tourillon, renflement*, 304, 306,
306ⁱ, 307, 307^d, 336, 337, 385 = 197,
206. HÉR. PHIL. (Voy. *Modiolus*.)

Torsion (Engins à) *de fibres élastiques*, 15,
31, 122, 141, 170, 190, 191, 227, 242,
249, 257 = 82, 226, 279.

Torsion (Angle de), 241, 243, 245, 246 =
265.

— (Appareil de), 205.

— (Sens de la), 166.

Tortue, 164, 216, 217 = 162, 223. (Voy. *Χε-
λώνιον*, *Groupe*, *Culasse* et fig. 9.)

Tour roulante, 266.

Tourelle (colonne Trajane), 301. (Voy. *Co-
lonne Trajane*.)

Tourillon, 305^b, 307^d, 329, 330, 357,
374, 381, 385, 386 = 197, 359, 464. (Voy.
Τόρμος, *Modiolus* et fig. 27 et 28.)

Tourmentée (Forme), 197. (Voy. *Τόρμος*.)

Τόξεια; *manœuvre de jet*, 277. PHIL.

Τοξίτης (*νευρά*), *corde archère des engins balis-
tiques*, 33, 167, 176, 209, 211, 298. HÉR.
PHIL.

Τόξον, *arc à main*, 229, 305^a.

Τοξοβολιστρα, *arbalète*, 12, 30 = 10. (Voy.
Arcabalista, *Arbalète*.)

Τοξότης, *archer*, 80. (Voy. *Archer*, *Arcubalista-
rius*.)

Τρα (désinence), 56.

Tragularius, 13.

Trait, 161, 162, 164, 165, 168, 199, 220, 231, 263, 264, 295, 300, 306^b, 368, 369, 382, 393, 394, 395, 396, 398, 402, 418, 419, 422 = 175, 188, 218, 249, 266, 332, 463. (Voy. *Flèche*, *Bélos*.)

Trait (Longueur du), 199, 220.

Tranchée (Attaque de), 266.

Τράπεζα, table, trapèze, plancher, 186 = 207. HÉR. PHIL. (Voy. *Mensa*, *Trapèze*.)

Τραπεζίον, trapèze (régulier), 207. HÉSICH.

Travail balistique, 404, 410, 411.

Traverse, 186, 188, 303, 306^a, 306^b, 306^c, 347, 348, 364, 377, 378, 379, 380, 381, 382 = 277. (Voy. *Διαπήγιον*.)

Trempe de l'acier, 305. (Voy. *Ψόξις*.)

Tréteau, 277.

Treuil, 53, 174, 227, 256, 262, 309, 344 = 175, 212, 277, 316. (Voy. *Sacula*.)

Τρήμα, trou, entaille, douille, lucarne (du barillet névrotone), diamètre (de la lucarne), ca-

libre, module, 181, 199, 303 = 223. HÉR. PHIL. (Voy. tous ces mots et *Foramen*.)

Τριβείς, sommier, 184, 205. HÉRON. (Voy. fig. 8.)

Τρι, racine, 305^a. (Voy. *Stri*, *Καμβέστρια*, *Stridère*.)

Τριακονταμναῖος (πετροδόλος), pierrier de 30 mines = 13^t, 266. PHIL.

Τρίζειν, grincer (des dents), 305^a.

Τρισιθάμος (όξυδελής), engin à flèche de 3 em-pans = 0^m.690, 266, 268. PHIL. (Voy. fig. 15.)

Τριταλαντιαῖος (πετροδόλος), pierrier de 3 ta-lents = 78^t, 266. PHIL.

Tronconique (Forme), 307^a, 384, 386. (Voy. *Κωνοειδής*, *Conoïde*.)

Trou (du barillet névrotone), lucarne. (Voy. *Lucarne*, *Τρήμα*.)

Tulipe, 188, 450.

TURNÈBE, 200.

Tympan, 309.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

U, Y

U (En forme d'), 227 = 188, 445. (Voy. *Équerre en U*, *Πιστόριον*.)

Υλη σιδηρά, fil de fer, 304, 304^b, 373. HÉR. (Chirob.). (Voy. *Fil de fer*.)

Υπόθεμα, semelle, fourrure, 183. HÉR.

Υποπύρρις, étrier, sous-talon, 179. HÉR. (Voy. *Étrier*, *Sous-talon*.)

Usure rapide (des engins névrotone), 292.

Ut, comme, 238. VITR. (Voy. *Ως*.)

Υψος, saillie verticale, 387. HÉR. (Chirob.).

V

V (En forme de), 227, 392, 400, 401 = 247. Va-et-vient (Mouvement de), 292, 293. (Voy. *Oscillum*, *Versatio*.)

Valerius d'Antium, 22.

Variante de la *Χειροβαλλίστρα*, 111 = 92.

Vase à pied, 188. (Voy. *Καρχήσιον*.)

Vatican (Manuscrits du). (Voy. *Manuscrits de la Χειροβαλλίστρα*.)

VÉGÈCE (*De re milit.*), 13, 14, 15, 16, 17, 18, 29, 39, 55, 56, 59, 60, 67, 296, 307^a, 396, 422 = 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 62, 64, 67, 282, 460.

Vegetare (tela), lancer (des traits), 28, 235, 300 = 31, 70. TERTULL.

Ventre (Pression du) pour armer le gastraphète, 31, 52, 54, 165, 167, 303^m, 365 = 33, 175. (Voy. *Γαστραφέτης*.)

Verrou, 304^d. (Voy. *Σχαστήρια*, *Gâchette*.)

Versatile, pivotant facilement, 304. VITR.

Versatio, rotation (directe ou alternative), oscil-lation, vibration, 25, 282, 283, 285, 292, 294 = 314. VITR. (Voy. *Oscillum*, *Oscillari*.)

Versura, biais, dévers (de l'aile palintone), 206, 401. VITR.

IA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Vienne (*Catalogue de la Bibliothèque de*), 43.
—— (*Manuscripts de la*
Χειροβαλλίστρα.)
Vigie (Poste de), 188. (*Voy. Hune, Καρχή-*
σιον, Poste d'observation.)
Ville de Syracuse (la), *vaisseau construit par*
Archimède, 151, 309 = 266.
VINCENT (A. J. H.), 3, 54, 72, 73, 77, 78,
80, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 103, 107,
108, 112, 116, 118, 124, 302, 303, 303^b,
303^c, 303^b, 303ⁱ, 303^j, 303^k, 303^l, 303^m,
304, 304^a, 304^b, 304^c, 304^d, 304^e, 304^f, 304^g,
304^h, 305, 305^b, 305^c, 305^d, 305^e, 305^f, 306,
306^a, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 306^g, 306^h,
306ⁱ, 306^j, 306^k, 306^l, 306^m, 306ⁿ, 307, 307^a,
307^b, 366 = 35, 61, 70, 71, 72, 74, 77,
79, 80, 81, 88, 95, 103, 109, 110, 188,
292, 384, 387, 397, 405, 408, 429, 438,
445, 456, 463.
Vincula organi, amarre, déclat d'un engin, 304,
304^a, 304^b. AMM. MARC.
Virgile, 305^a.
Virole, 273, 307^c, 384.
Vis hydraulique, 309.
—— de pression, 309 = 205.
—— de fer, 453.
—— (Filet de), 453.

Vitesse initiale, 237, 244, 267, 269, 414,
418, 421, 442 = 287, 480.
—— du tir, 478.
VITRUVÉ (*De Architect.* SCHNEIDER, Leipzig,
1808, in-8°), 25, 26, 31, 120, 122, 126,
155, 180, 200, 225, 281, 282, 283, 285,
286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293,
294, 295, 303^b, 303^c, 303^d, 303^e, 305^a,
307^b, 309, 342 = 21, 27, 28, 105, 139,
141, 149, 154, 166, 190, 200, 202, 203,
206, 207, 216, 221, 223, 227, 229, 230,
232, 238, 243, 268, 277, 279, 311, 316,
317, 318, 319, 325, 326, 327, 344, 346,
401, 411. (*Voy. SCHNEIDER.*)
Vitruve (*Manuscripts de*). (*Voy. Manuscripts.*)
Vive (Force), 288.
Vocabulaire balistique, 243. (*Voy. Nomencla-*
ture antique.)
Volée (d'un engin), 368 = 166.
Voûte, 306, 306^b, 306^c, 349, 351, 353, 355,
360, 361, 363, 364, 377, 394 = 71, 359,
364, 365, 366, 367, 368, 369, 395, 424,
425. (*Voy. Καμάριον, Portique et fig. 25*
et 26.)
Voûtes (Tracé des), 33 = 34, 364, 365, 366,
367, 368, 369. (*Voy. Anse de panier.*)
VULGATE, 125, 126, 127. (*Voy. Septante.*)

W

WESCHER (*Poliorcét. des Grecs*, Paris, 1867,
in-4°), 3, 5, 6, 85, 86, 88, 89, 90, 103,
108, 112, 113, 116, 117, 118, 127, 157,
158, 160, 164, 165, 171, 174, 175, 177,
180, 181, 183, 184, 185, 186, 193, 198,
199, 200, 227, 251, 280, 302, 303, 303^a,
303^c, 303ⁱ, 303^k, 304^c, 304ⁱ, 305, 305^b,
306, 306^a, 306ⁱ, 306^j, 306^m, 307, 307^a.

331 = 5, 23, 24, 33, 51, 60, 86, 88, 89,
90, 95, 96, 102, 103, 111, 112, 113,
115, 137, 140, 149, 150, 156, 166, 181,
189, 198, 199, 201, 243, 272, 277, 336,
377, 387, 388, 397, 406, 438, 446, 453,
484.
Woss (Is.), *apud Bondam*, 290, 292, 294 =
326.

X

Χαλκότονον (ὄργανον), *engin à ressorts de*
bronze, 50, 122, 123, 249, 261, 262,
279, 280, 310 = 106, 292, 293, 299,
307. (*Voy. Chalcotonwn, Chalcotone.*)

Χαλκότονος pour Χαλκότονον. 71. T. H. MAR-
TIN.
ΧΕΛΟΡΗΦΟΝ (*Cyrop.*), 165.
Χεῖρ, *main, griffe*, 164, 304^a.

Χειροβαλλίστρα pour Χειροβολίστρα, 64. T. H. MARTIN.

ΧΕΙΡΟΒΑΛΛΙΣΤΡΑΣ κατασκευὴ καὶ συμμετρία, par HÉRON D'ALEXANDRIE, 5, 6, 32, 34, 35, 37, 38, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 56, 57, 59, 61, 62, 64, 65, 72, 73, 83, 86, 89, 91, 96, 97, 102, 103, 104, 108, 113, 117, 118, 119, 120, 123, 124, 125, 129, 130, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309 = 38, 52, 68, 71, 73, 89, 395. (Voy. *Chirobaliste*.)

Χειροβαλλίστρα, *chirobaliste*, *manubaliste*, 11, 30, 31, 39, 41, 71, 72, 73, 80, 87, 89, 121, 122, 126, 131, 132, 135, 140, 142, 153, 174, 189, 200, 235, 248, 249, 252, 280, 294, 301, 310, 320, 327, 362, 371,

389 = 70, 149, 156, 223, 227, 240, 265, 424, 425. HÉR.

Χειροβολίστρα, *chirobaliste*, 11, 12, 29, 30, 41, 65, 66, 70 = 7, 42, 70, 89, 149. CONSTANT. PORPHYR.

Χειρολάβη, *manette*, *poignée*, 304, 304^b = 435, 441. HÉR.

Χελώνιον, *tortue*, *croupe*, *culasse* (d'un engin), 164, 216 = 162, 199. (Voy. *Croupe*, *Culasse*, *Tortue* et fig. 9.)

Χοινικίς, *barillet* (*névrotone*), *modiolus*, 173, 183 = 203, 210. VITR. (Voy. fig. 8.)

Χωρίς (τῶν τόρμων), *sans compter les tenons*, *præter cardines*, 306, 306¹, 336, 352 = 227, 228, 263. VITR.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ψ

Ψύξις, *irempé* (de l'acier), 305. PHIL.

Z

Zodiaque de Dendérah, 297 = 18.

ZOPYRE de Tarente, ingénieur grec, 53.

Ζώνη, *ceinture* (remplaçant la corde archère) pour le pierrier, 198.

LÉGENDE DES FIGURES.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

NUMÉROS D'ORDRE des figures.	NUMÉROS du TEXTE.	DÉSIGNATION DES FIGURES.	PAGES.
GÉNÉRALITÉS SUR LA BALISTIQUE DES ANCIENS.			
1	159	GASTRAPHÈTE, arbalète primitive.	54
2	162	Batterie du gastraphète.	56
3	165	Gastraphète complet.	58
4	170	ÉCHEVEAU DE FIBRES TORDUES, substitué à l'arc primitif.	60
5	171	Double CADRE NÉVROTONE primitif.	61
6	177	PIED-DROIT DE FLANC du bâti névrotone.	64
7	180	ÉCUSSON PALINTONE.	65
8	183	BARILLET et FREIN.	67
9	185	Épure du PALINTONE (BALISTE). Plan et élévation arrière.	69
10	195	TABLE de l'EUTHYTONE.	73
11	197	Épure de l'EUTHYTONE (CATAPULTE).	74
12	230	Arcs primitifs, ordinaire et à double courbure.	81
13	245	Épure balistique du PALINTONE.	86
14	246	Épure balistique de l'EUTHYTONE.	87
15	273	Engin CHALCOTONE de Philon de Byzance.	101
16	297	SCORPIONS naturels.	111
17	299	Restitution du <i>Σκοπιδίου</i>	112
18	301	ENGIN (PALINTONE) de la colonne Trajane.	113
CHIROBALISTE.			
(Texte et traduction.)			
19	303	COULISSE, CROSSE et TIROIR de la Chirobaliste, d'après les manuscrits de Mynas et de Médicis.	118
20	303	Restitution de la MONTURE de la Chirobaliste. (Échelle = $\frac{1}{16}$.)	118
21	304	BATTERIE de la Chirobaliste, d'après les manuscrits de Mynas et de Médicis.	124
22	304	Restitution de la BATTERIE. (Échelle = $\frac{1}{4}$.)	124
23	305	<i>Καυσόγρια</i> ou RESSORTS, d'après les manuscrits.	132
24	305	Restitution des <i>Καυσόγρια</i> . (Échelle = $\frac{1}{4}$.)	132
25	306	ÉCHELETTE et PORTIQUE, d'après le manuscrit de Mynas.	138
26	306	Restitution du PORTIQUE ou CAGE. (Échelle = $\frac{1}{8}$.)	138
27	307	<i>Κωροειδή</i> ou BATTANTS, d'après les manuscrits.	148
28	307	Restitution des BATTANTS. (Échelle = $\frac{1}{8}$ grandeur.)	148

LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.	NUMÉROS D'ORDRE des figures.	NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES FIGURES.	PAGES.
		TEXTE.		
			SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.	
	29	318	OVALE des <i>Καύεστρος</i> , tracé par la méthode moderne de l'ANSE DE PANIER à trois centres.	155
	30	318	OVALE antique des <i>Καύεστρος</i>	155
	31	322	Épure en plan du CADRE-RESSORT. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	158
	32	328	CADRE-RESSORT gradué en modules. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	161
	33	329	Coupe du CADRE-RESSORT sur l'axe d'une CHAPE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	162
	34	333	Orientation des CADRES-RESSORTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	165
	35	334	Épure de l'ÉCHELETTE et des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	165
	36	339	CONVERGENCE DU BIAIS latéral vers la queue de la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{16}$).	168
	37	342	Épure des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$ grandeur).	170
	38	347	Épure générale de l'ÉCHELETTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	172
	39	349	Élévation du PORTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	173
	40	358	Croquis d'induction déterminant l'existence des MAINS SYMBOLIQUES. (Échelle = $\frac{1}{8}$).	177
	41	362	Épure de la MAIN SYMBOLIQUE et de ses lignes enveloppes. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	179
	42	366	DIRECTRICES BIAISES reliant l'ÉCHELETTE avec la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	182
	43	372	Plan et élévation générale de la BATTERIE. (Échelle = $\frac{1}{2}$). ...	186
	44	389	Position du PIVOT déterminée par le principe du BIAIS ANTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	194
	45	392	Épure balistique de la CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	196
	46	400	FLÈCHE de la Chirobaliste. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	201
	47	403	La CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	202
	48	405	Épure de l'EFFORT COURANT de bandage. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	204
	49	410	DIAGRAMME de l'effort courant.	208
		NOTES.		
	50	188	Le <i>Καρχήσιον</i> (hune antique).	245
	51	201	Tracé incorrect de l'ÉCUSSON PALINTONE, d'après la généralité des commentateurs.	247
	52	201	Tracé du BIAIS de l'ÉCUSSON, d'après Philon de Byzance.	248
	53	223	Croquis coté de l'ÉCUSSON, d'après Philon.	252
	54	225	Coupe verticale d'un FAISCEAU (<i>hémiton palintone</i>). (Échelle = $\frac{1}{12}$ = $\frac{1}{4}$ par module).	253
	55	369	Comparaison de l'OVALE ANTIQUE avec l'ANSE DE PANIER moderne de même surbaissement.	269
	56	"	La CHIROBALISTE, épure en plan et élévation, avec directrices biaises et enveloppes générales. (Hors texte, à la fin de l'ouvrage.)	

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

	Pages.
<i>INDICES GÉNÉRAUX</i> sur la <i>Χειροβαλλιστρα</i> , d'après les auteurs grecs et latins.	1
Conjectures erronées de Baldi, éditeur <i>princeps</i> (1616) de l'opuscule d'Héron d'Alexandrie.	11
Opinions superficielles de Saumaise (1657), de Lambecius (1675), de Ducange (1688), de Nessel (1690) et de Thévenot (1693).	13
Conjectures de Meister (1768) sur l'organe moteur de l'engin.	14
Continuation des méprises de Baldi par Harle (1795), Dufour (1840). — Silence prudent de MM. Köchly et Rüstow (1853). — Conjectures de M. Th. H. Martin (de Rennes), en 1854.	17
Recherches de M. Vincent (1861-1862) sur la Chirobaliste (publiées en 1866). . .	20
<i>TRADUCTION princeps</i> de la <i>Χειροβαλλιστρα</i> , avec commentaires et figures, par V. Prou (1862).	23
<i>BASES GÉNÉRALES</i> de la présente réédition de la solution de 1862, par V. Prou. — Recension des manuscrits de la Chirobaliste. — Statistique des altérations du texte grec.	25
La Chirobaliste est-elle une <i>INVENTION</i> et un <i>TRAITÉ</i> provenant d' <i>HÉRON D'ALEXANDRIE</i> ?	37
<i>MÉTHODE GÉNÉRALE</i> de la restitution graphique de l'engin et de sa <i>double main</i> décorative.	43
Triple importance, philologique, mécanique et esthétique, de la solution définitivement proposée.	44

DEUXIÈME PARTIE.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ARTILLERIE GRÉCO-ROMAINE AU 1^{er} SIÈCLE AVANT J. C.

CHAPITRE PREMIER.

ORIGINES DE L'ARTILLERIE ANTIQUE.	48
---	----

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

CHAPITRE II.

STRUCTURE ET PROPORTIONS DES ENGINS DU SYSTÈME NÉVROTONE.....	Pages. 51
ENGINS EUTHYTONES ET PALINTONES.....	53
ORIGINES des machines de jet. — Arc primitif. — Gastraphète. — Monture ou coulisse. — Tiroir. — Batterie. — Crosse. — Définitions. — Manœuvre. — Cliquet d'arrêt. — Suppression de l'arc. — Système des fibres en faisceaux. — Perfectionnement de l'appareil de bandage. — Poulies, mousles, treuils, affûts et appareil de pointage.....	54
Système Παλιντονον. — Pieds-droits de flanc et de front. — Étriers. — Écussons. — Barillets. — Montage du bâti. — Trapèze. — Échelette. — Torsion des faisceaux. — Armatures métalliques.....	63
Système Εὐθύτονον. — Tracé des tables. — Montage de l'Euthytone. — Tendeurs, faisceaux et corde archère. — Module. — Duplication du cube.....	72
PROPORTIONS des machines de jet. — Παλιντονα (Balistes, lithoboles ou pierriers). — Εὐθύτονα (Oxybèles ou Catapultes).....	75

CHAPITRE III.

DISTINCTION TECHNIQUE ENTRE LE ΠΑΛΙΝΤΟΝΟΝ ET L'ΕΥΘΥΤΟΝΟΝ.

DÉFINITIONS, d'après les Βελοποιῖκα. — Interprétations antérieures. — Arcs primitifs. — Définitions géométriques des engins παλιντονον et εὐθύτονον. — De l'inclinaison du jet.....	79
COMPARAISON BALISTIQUE entre le Παλιντονον et l'Εὐθύτονον.....	84

CHAPITRE IV.

ORIGINE DES ENGINS À RESSORTS MÉTALLIQUES.

DÉFAUTS PRATIQUES DU SYSTÈME NÉVROTONE. — Le livre IV de Philon de Byzance. — Discussion du système névrotone. — Calibre restreint des faisceaux. — Insuffisance des armatures. — Complication du jet des tendeurs. — Effet nuisible de la torsion. — Résumé.....	89
ENGINS À RESSORTS MÉTALLIQUES. — Le Χαλκότονον de Ctésibius. — Son perfectionnement par Philon de Byzance. — Théorie antique du faisceau névrotone. — Origine de l'invention des ressorts. — Fabrication des ressorts de bronze. — Installation des ressorts. — Élasticité du système.....	95
ÉLASTICITÉ NATURELLE de certains corps. — Lames d'épées celtiques et espagnoles. — Théorie du buttage du bronze. — Supériorité pratique des engins à ressorts....	102
PARALLÈLE entre les Καμβέστρια d'Héron d'Alexandrie et les OSCILLA ou ANISOCYCLI du Scorpion selon Vitruve.....	106
RESTITUTION du SCORPION, par analogie figurative. Engins de la colonne Trajane..	111

TROISIÈME PARTIE.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

	Pages.
TABEAU SYNOPTIQUE DES MANUSCRITS ET ÉDITIONS DE LA <i>Χειροβαλλίστρα</i>	115
§ I ^{re} . COULISSE, TIROIR et CROSSE. (Texte, traduction et commentaire.)	116
§ II. DÉTAILS DE LA BATTERIE. (<i>Idem.</i>)	124
§ III. STRUCTURE DES RESSORTS. (<i>Idem.</i>)	131
§ IV. PORTIQUE ET ÉCHELETTE. (<i>Idem.</i>)	137
§ V. STRUCTURE DES BATTANTS. (<i>Idem.</i>)	146

QUATRIÈME PARTIE.

SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.

MÉTHODE DE DÉMONSTRATION	150
Du MODULE de la <i>Χειροβαλλίστρα</i> . — <i>Vérifications directes du module. — Vérifications indirectes du module.</i>	152
SYNTHÈSE des <i>Καμβέστρια</i> . — <i>Tracé des ovales. — Comparaison de la méthode moderne avec celle des anciens. — Plan des étriers et chapes de pivots. — Élévation des cadres, brides, étriers, chapes et crapaudines. — Orientation des Καμβέστρια.</i>	154
ÉPURE de l'ÉCHELETTE. — <i>Longerons. — Entretoise. — Sabots. — Particularités de l'épure des sabots. — Installation des Καμβέστρια. — Élévation des sabots. — Conséquences du biais des sabots. — Arcs-boutants de l'Échelette.</i>	165
VOÛTE et PORTIQUE. — <i>Épure de l'arcade. — Colonnnettes. — MAINS SYMBOLIQUES. — Épure des mains.</i>	173
MONTURE. — <i>Coulisse. — Crosse. — Tasseau. — Assemblage avec l'Échelette. — Tiroir.</i>	181
RELATIONS GRAPHIQUES entre le PORTIQUE, la MONTURE et le TIROIR. — <i>Conclusion.</i>	184
BATTERIE. — <i>Siege du déclic. — Manette. — Fourchette et gâchette. — Serpenteau. — Bascule et amarre.</i>	185
ÉPURE BALISTIQUE. — <i>Position des pivots. — Orientation des battants. — Angle du battement. — Positions harmoniques de la corde archère.</i>	193
FLÈCHE ou TRAIT de la Chirobaliste. — <i>Dimensions. — Poids. — Diamètre de la corde archère. — Cannelure du tiroir.</i>	199
ÉPURE d'ensemble de la CHIROBALISTE	202

		Pages.
LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.	CALCULS balistiques. — Effort de bandage. — Course de la corde. — Diagramme de l'effort courant. — Force vive totale. — Vitesse initiale de la flèche. — Portée du jet de la Chirobaliste. — Portée comparative de la Chirobaliste avec celles des engins névrotones. — Manœuvre de la Chirobaliste.	203
	TABEAU SYNOPTIQUE des dimensions de la Chirobaliste.	215
	NOTES.	228
	Table alphabétique.	281
	Légende des figures.	314

ERRATA.

- Page 40, ligne 6. — Au lieu d'*hironde*, lire *aronde*.
Page 44, ligne 5. — Au lieu de *sept*, lire *huit*.
——— ligne 9. — Au lieu de 204, lire 431.
——— ligne 10. — Au lieu de 54, lire 69.
Page 45, ligne 11. — Au lieu de *fig. 53*, lire *fig. 41* (n° 362, p. 179).
Page 51, ligne 25. — Au lieu d'ENGIES, lire ENGINs.
Page 54, ligne 16, marge. — Au lieu de *h. 123*, lire *Th. 123*.
Page 71, lignes 23 et 24, marge. — Supprimer *Th. 137* et *KR. 103-104*.
Page 75, ligne dernière. — Au lieu de 12 et 14, lire 9 et 11.
Page 85, ligne 15, équation (6). — Au lieu de $P = 0.08n \dots$, lire $P = 0.08pn \dots$ [le facteur p étant indispensable, comme on le retrouve plus loin, équations (9) et (10).]
Page 87, ligne 13. — Au lieu de $P = 0.08 \times 1.39$, lire $P = 0.08p \times 1.39 \dots$ [les équations (13) et (14) reproduisant le facteur p .]
Page 123, ligne 7, colonne 2. — Au lieu de *défitinive*, lire *définitive*.
——— ligne 12, colonne 1. — Au lieu de *note*^m, lire *note*¹.
Page 143, lignes 7 et 12, colonne 1. — Au lieu de $\chi\acute{o}\rho\iota s$, lire $\chi\omega\rho\iota s$.
Page 144, ligne 8, colonne 1. — Au lieu de $\chi\acute{o}\rho\iota s$, lire $\chi\omega\rho\iota s$.
Page 147, ligne 17, colonne 1. — Au lieu de *fig. 28*, lire *fig. 48* (p. 204).
Page 163, ligne 19. — Au lieu de $\Lambda\epsilon'\delta''$, lire $\Lambda\epsilon'\delta'$.
Page 181, ligne 28. — Au lieu de 17, lire 17 doigts.
Page 184, ligne 31. — Au lieu de 1 doigt, lire $\frac{1}{2}$ doigt.
——— ligne 32. — Au lieu de *le même rayon* (10 doigts) qu'à l'arc intérieur, lire un rayon de 9 doigts.
Page 203, ligne 20. — Au lieu de *la force vive*, lire *la demi-force vive*.
Page 207, ligne 4. — Même observation que p. 203, ligne 20.
Page 228, ligne 18. — Au lieu de *Βοσποριανους*, lire *Βοσποριάνους*.
Page 255, ligne 25. — Au lieu de *τεινόμενον ἐλκόμενον*, in Θ , lire *τεινόμενον, ἐλκόμενον* in Θ .
Page 260, ligne 33. — Au lieu de *δμοτονουντῶς*, lire *δμοτονούντως*.

PUBLICATIONS

DE

L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE Tomes I à XII épuisés; tomes XIII à XXVIII; chaque tome en 2 parties ou volumes in-4°. Prix du volume..... 15 fr.

Le tome XXII (demi-volume), contenant la table des dix volumes précédents..... 7 fr. 50

MÉMOIRES PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS À L'ACADÉMIE :

1^{re} série : Sujets divers d'érudition. Tomes I à VIII.

2^e série : Antiquités de la France. Tomes I à V.

A partir du tome V de la 1^{re} série et du tome IV de la 2^e série, chaque tome forme 2 parties ou volumes in-4°. Prix du volume..... 15 fr.

NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES, publiés par l'Institut de France. Tomes I à X épuisés; XI à XXII; XXIII, 2^e partie; XXIV, 2^e partie; XXV, 2^e partie, in-4°. Prix des tomes XI à XIII, chacun..... 15 fr.

A partir du tome XIV, les Notices et Extraits se divisent en deux sections, la première orientale, et la seconde grecque et latine. Chaque section forme un volume à part, au prix de..... 15 fr.

Le tome XVIII, 2^e partie (Papyrus grecs du Louvre et de la Bibliothèque nationale), avec atlas in-fol. de 52 planches de *fac-simile*, se vend... 45 fr.

DIPLOMATA, CHARTÆ, EPISTOLÆ, LEGES ALIAQUE INSTRUMENTA AD RES GALLO-FRANCICAS SPECTANTIA, NUNC NOVA RATIONE ORDINATA, PLURIMUMQUE AUCTA JUBENTE AC MODERANTE ACADEMIA INSCRIPTIONUM ET HUMANIORUM LITTERARUM. Instrumenta ab anno CDXVII ad annum DCCLI. 2 volumes in-fol. Prix du volume..... 30 fr.

TABLE CHRONOLOGIQUE DES DIPLÔMES, CHARTES, TITRES ET ACTES IMPRIMÉS CONCERNANT L'HISTOIRE DE FRANCE. Tomes I à IV épuisés; V à VIII, in-fol. (l'ouvrage est terminé). Prix du volume..... 3 fr.

TOME XXVI, 2^e partie.

41

322 PUBLICATIONS DE L'ACADÉMIE.

ORDONNANCES DES ROIS DE FRANCE DE LA TROISIÈME RACE, recueillies par ordre chronologique. Tomes I à XIX épuisés; XX, XXI et volume de table, in-fol.
Prix du volume..... 30 fr.

RECUEIL DES HISTORIENS DES GAULES ET DE LA FRANCE. Tomes I à XIX épuisés; XX à XXIII, in-fol. Prix du volume..... 30 fr.

RECUEIL DES HISTORIENS DES CROISADES :

Lois. (Assises de Jérusalem.) Tomes I et II, in-fol. Prix du volume. 30 fr.

Historiens occidentaux. Tome I en 2 parties, in-fol..... 45 fr.

————— Tomes II et III. Prix du volume..... 30 fr.

Historiens arabes. Tome I, in-fol..... 45 fr.

————— Tome II, 2^e partie, in-fol..... 22 fr. 50

Historiens arméniens. Tome I, in-fol..... 45 fr.

Historiens grecs. Tome I, in-fol..... 45 fr.

HISTOIRE LITTÉRAIRE DE LA FRANCE. Tomes XI à XXVII, in-4°. Prix du volume. 21 fr.

GALLIA CHRISTIANA. Tome XVI, in-fol. Prix du volume..... 37 fr. 50

ŒUVRES DE BORGHESI. Tomes VII et VIII. Prix du volume..... 20 fr.

EN PRÉPARATION :

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE. Tome XXIX, 1^{re} et 2^e partie.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS. 1^{re} série : tome IX, 1^{re} partie.

NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS. Tomes XXIII, XXIV et XXV, 1^{re} partie; XXVI et XXVII, 2^e partie.

RECUEIL DES HISTORIENS DES CROISADES : *Historiens occidentaux.* Tome IV.

————— *Historiens grecs.* Tome II.

————— *Historiens arabes.* Tome II et III, 1^{re} partie.

HISTOIRE LITTÉRAIRE DE LA FRANCE. Tome XXVIII.

ŒUVRES DE BORGHESI. Tome IX.

Source: 101
101.1

